ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

https://helios.ntua.gr/course/view.php?id=827

Διδάσκοντες: *Στάθης Ζάχος*, Νίκος Παπασπύρου,
Ζωή Παρασκευοπούλου, Μάριος Κόνιαρης,
Πέτρος Ποτίκας, Δώρα Σούλιου

E-mail προς όλους: progintro@courses.softlab.ntua.gr

Διαφάνειες παρουσιάσεων

9/10/26

- ✓ Εισαγωγή στην πληροφορική
- ✓ Εισαγωγή στον προγραμματισμό με τη γλώσσα C++
- ✓ Μεθοδολογία αλγοριθμικής επίλυσης προβλημάτων

Εισαγωγή (i)

- Σκοπός του μαθήματος
  - Εισαγωγή στην πληροφορική (computer science)
  - Εισαγωγή στον προγραμματισμό ηλεκτρονικών υπολογιστών (Η/Υ)
  - Μεθοδολογία αλγοριθμικής επίλυσης προβλημάτων

Εισαγωγή (ii)

- Αλγόριθμος
  - Πεπερασμένη ακολουθία ενεργειών που περιγράφει τον τρόπο επίλυσης ενός προβλήματος
  - Εφαρμόζεται σε δεδομένα (data)
- Πρόγραμμα
  - Ακριβής περιγραφή ενός αλγορίθμου σε μια τυπική γλώσσα που ονομάζεται γλώσσα προγραμματισμού

Εισαγωγή (iii)

- Φυσική γλώσσα
  - Χωρίς τόσο αυστηρούς συντακτικούς περιορισμούς
  - Μεγάλη πυκνότητα και σημασιολογική ικανότητα
- Τυπική γλώσσα
  - Αυστηρότατη σύνταξη και σημασιολογία
- Γλώσσα προγραμματισμού
  - Τυπική γλώσσα στην οποία μπορούν να περιγραφούν υπολογισμοί
  - Εκτελέσιμη από έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή

Εισαγωγή (iv)

- Πληροφορική

Ηλεκτρονικοί υπολογιστές (engineering) ⟷ Μαθηματικά

Σχεδίαση και κατασκευή

Θεωρία και αναλυτική μέθοδος

- Κεντρική έννοια:

  υπολογισμός (computation)

Εισαγωγή (v)

- Πληροφορική: μαθηματικοποίηση της μεθοδολογίας των μηχανικών
  - Απαιτήσεις – Πρόβλημα
  - Προδιαγραφές
  - Σχεδίαση
  - Υλοποίηση
  - Εμπειρικός έλεγχος – Θεωρητική επαλήθευση
  - Βελτιστοποίηση
  - Πολυπλοκότητα (κόστος πόρων-αγαθών)
  - Τεκμηρίωση
  - Συντήρηση

Έννοιες που υπήρχαν για τους μηχανικούς, στην πληροφορική τυποποιήθηκαν, πήραν μαθηματική μορφή, άρα μπορεί κανείς να επιχειρηματολογήσει με αυτές τις έννοιες χρησιμοποιώντας αποδείξεις.

Εισαγωγή (vi)

- Δευτεροβάθμια εκπαίδευση
  Σκοπός: να μάθεις να σκέφτεσαι
  - Η Ευκλείδεια Γεωμετρία (με τη βασική διδακτική της αξία) απουσιάζει από το πρόγραμμα σπουδών εδώ και χρόνια.
  - Αποτέλεσμα: όπως είδαμε και στις πανελλήνιες εξετάσεις δίνεται έμφαση στην αποστήθιση ανουσίων θεωρημάτων και γνώσεων διαφορικού και απειροστικού λογισμού. Η ικανότητα μαθηματικής επίλυσης απλών αλλά πρωτότυπων προβλημάτων δεν παίζει ρόλο.
  - Απουσία γνώσεων συνδυαστικής (μέτρηση περιπτώσεων, τρίγωνο Pascal).
  - Εφαρμογή των αποστηθισμένων κανόνων;
  - Άλγεβρα: αν ρωτήσω έναν τελειόφοιτο Λυκείου πόσο κάνει 107×93 θα δυσκολευτεί πολύ να απαντήσει, ενώ φυσικά γνωρίζει ότι $(\alpha+\beta)(\alpha-\beta) = \alpha^2-\beta^2$

Εισαγωγή (vii)

- Οι μαθητές αγνοούν την έννοια του “αποδοτικού αλγόριθμου”
  - π.χ. μαθαίνουν ένα μη-αποδοτικό αλγόριθμο για την εύρεση του Μ.Κ.Δ. ενώ ο αλγόριθμος του Ευκλείδη απουσιάζει από την ύλη
- Πρόταση
  - Εισαγωγή της Θεωρητικής Πληροφορικής στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση για όλους τους μαθητές
  - Μεθοδολογία επίλυσης προβλημάτων με σχεδίαση και υλοποίηση αλγορίθμων

Εισαγωγή (viii)

- Τριτοβάθμια εκπαίδευση
  - Η τεχνολογία αλλάζει αέναα και γρήγορα – τα θεμέλια μένουν
  - Αυτά τα θεμέλια πρέπει να είναι η ραχοκοκαλιά στην τριτοβάθμια εκπαίδευση: έμφαση στην αλγοριθμική σκέψη σε αντιδιαστολή με τις τεχνολογικές δεξιότητες (computer literacy)
  - Computer science, computing science, informatics
  - Dijkstra: η Επιστήμη των Υπολογιστών έχει τόση σχέση με τους υπολογιστές όση και η Αστρονομία με τα τηλεσκόπια
  - Primality: σημαντικό επίτευγμα σε μία χώρα χωρίς υποδομές

Εισαγωγή (ix)

- Να μην ξεχνάμε ότι
  - Το να κάνεις λάθη είναι ανθρώπινο.
  - Για να τα κάνεις θάλασσα χρειάζεσαι υπολογιστή!

Εισαγωγή (x)

- Κατασκευή υπολογιστικών μηχανών
  - Αρχαιότητα: υπολογιστικές μηχανές, μηχανισμός των Αντικυθήρων, κ.λπ.
  - 17ος αιώνας, Pascal και Leibniz, μηχανικές υπολογιστικές αριθμομηχανές ⇒ στοιχειώδεις αριθμητικές πράξεις
  - 1830–1840, Babbage, “αναλυτική μηχανή” ⇒ λογάριθμοι, τριγωνομετρικές συναρτήσεις
  - 1880–1890, Hollerith, μηχανή με διάτρητες κάρτες για την αυτοματοποίηση των εκλογών

Εισαγωγή (xi)

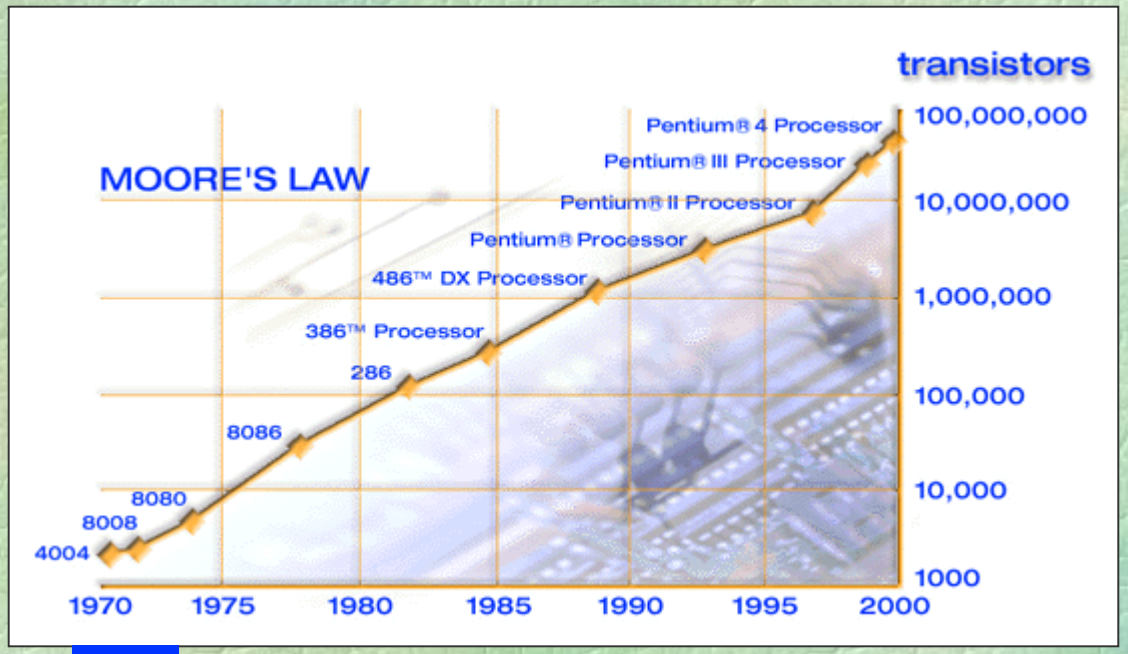
- Κατασκευή υπολογιστών
  - 1920–1930, Bush, ηλεκτρική (αναλογική) υπολογιστική μηχανή ⇒ διαφορικές εξισώσεις
  - ~1940, Zuse, ηλεκτρονική (ψηφιακή) υπολογιστική μηχανή
    ⇒ πρόγραμμα και δεδομένα, χωριστά
  - 1945–1950, μοντέλο von Neumann
    ⇒ πρόγραμμα και δεδομένα, από κοινού
  - 1950–σήμερα, ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών υπολογιστών

Εισαγωγή (xii)

- Κατασκευή υπολογιστών
  - 1952– main frames IBM 650, 7000, 360
  - 1965– mini computers DEC PDP-8
  - 1977– personal computers Apple II
  - 1981 IBM PC
  - 1983, 1984 Apple: Lisa, Macintosh
  - 1985– internet
  - 1990– world wide web
  - 2000– PDA, smartphones, cloud, κ.λπ.

Εισαγωγή (xiii)

- Μηχανικοί υπολογιστών
  - Tom Watson, IBM, 1945
    Ο κόσμος χρειάζεται περίπου 5 υπολογιστές
  - Gordon Moore, Intel, 1965
    Η πυκνότητα του hardware στα ολοκληρωμένα κυκλώματα διπλασιάζεται κάθε 18 μήνες



© intel. http://www.intel.com/research/silicon/mooreslaw.htm

Εισαγωγή (xiv)

- Θεμέλια της πληροφορικής
  - Μαθηματική λογική
  - Αριστοτέλης: συλλογισμοί

$$\frac{A \qquad A \rightarrow B}{B}$$ *(modus ponens)*

  - Ευκλείδης: αξιωματική θεωρία
  - Αρχές 20ου αιώνα, Hilbert
    $\Rightarrow$ αξίωμα, θεώρημα, τυπική απόδειξη

Εισαγωγή (xv)

- Πρόγραμμα του Leibniz:
  θεμελίωση των μαθηματικών
  - γλώσσα *για όλα τα μαθηματικά*
  - θεωρία
  - συνεπής (consistent) και πλήρης (complete)

$$A \wedge \neg A \qquad \textit{αντίφαση}$$

- Γλώσσα (Boole, De Morgan, Frege, Russel)
  - προτασιακός λογισμός $\wedge, \vee, \neg, \rightarrow, \leftrightarrow$
  - κατηγορηματικός λογισμός $\forall, \exists$

Εισαγωγή (xvi)

- Θεωρία
  - Συνολοθεωρία, Cantor, Frege $\in$
  - Παράδοξο του Russel

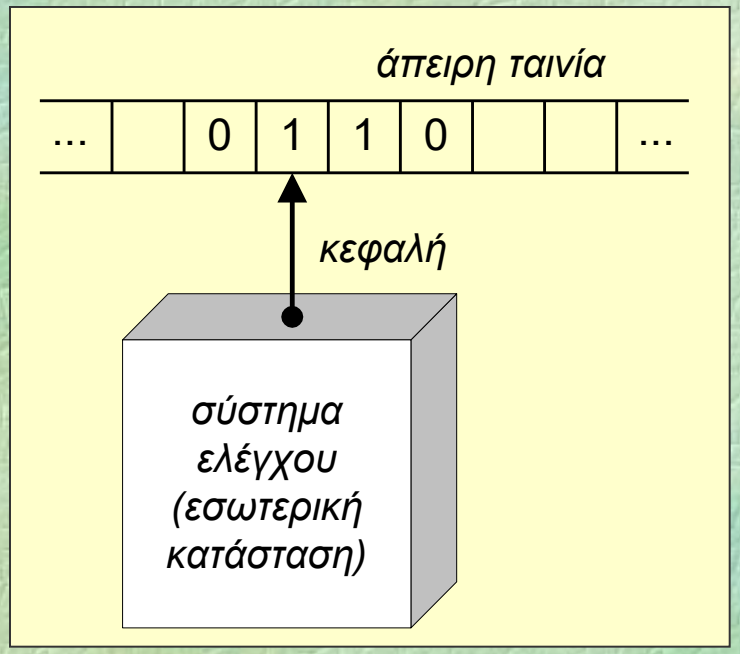
$$A = \{ x \mid x \notin x \}$$

$$A \in A \rightarrow A \notin A$$
$$A \notin A \rightarrow A \in A$$

  - Άλλες θεωρίες συνόλων (ZF, κ.λπ.)
  - Άλλες θεωρίες για τη θεμελίωση των μαθηματικών (θεωρία συναρτήσεων, κατηγοριών, κ.λπ.)
  - 1920–1930, προσπάθειες για απόδειξη συνέπειας

Εισαγωγή (xvii)

- Συνέπεια και πληρότητα
  - 1931, Gödel, θεώρημα μη πληρότητας
    ⇒ δεν είναι δυνατόν να κατασκευαστεί συνεπής και πλήρης θεωρία της αριθμητικής
  - 1936, Turing,
    ⇒ μη αποκρίσιμες (undecidable) προτάσεις
    ⇒ μηχανή Turing, υπολογισιμότητα



Εισαγωγή (xviii)

- Μη πληρότητα (incompleteness)
  - David Hilbert, 1862-1943
  - Kurt Gödel, 1906-1978 (ασιτία)
  - Δοξιάδης
    - Incompleteness: a play and a theorem
    - Ο θείος Πέτρος και η εικασία του Goldbach
  - Παπαδημητρίου
    - Το χαμόγελο του Turing
  - Hoffstader
    - Gödel, Escher, and Bach

Εισαγωγή (xix)

- Κλάδοι της πληροφορικής
  - Αλγόριθμοι και δομές δεδομένων
  - Γλώσσες προγραμματισμού
  - Αρχιτεκτονική υπολογιστών και δικτύων
  - Αριθμητικοί και συμβολικοί υπολογισμοί
  - Λειτουργικά συστήματα
  - Μεθοδολογία – τεχνολογία λογισμικού
  - Βάσεις δεδομένων και διαχείριση πληροφοριών
  - Τεχνητή νοημοσύνη και ρομποτική
  - Επικοινωνία ανθρώπου – υπολογιστή

Εισαγωγή (xx)

- Υπολογιστής
  - επεξεργαστής
  - μνήμη
  - συσκευές εισόδου/εξόδου
- Ιδιότητες
  - αυτόματο χωρίς εξυπνάδα
  - μεγάλη ταχύτητα
  - ακρίβεια στις πράξεις

Γλώσσες προγραμματισμού (i)

- Γλώσσα μηχανής

  0110110 11011011

  διεύθυνση εντολή

- Συμβολική γλώσσα (assembly)

  label: add ax, bx

  διεύθυνση πράξη δεδομένα

- Γλώσσες χαμηλού και υψηλού επιπέδου
- Υλοποίηση γλωσσών προγραμματισμού
  - μεταγλωττιστής (compiler)
  - διερμηνέας (interpreter)

Γλώσσες προγραμματισμού (ii)

- Κυριότερες γλώσσες, ιστορικά

1950	
1960	FORTRAN, LISP, COBOL, Algol, BASIC, PL/I
1970	**Pascal**, **C**, Smalltalk, Prolog, ML, Logo
1980	**C++**, Modula-2, Ada, Perl
1990	Java, Python, Ruby, Haskell, PHP
2000	C#, ...

Γλώσσες προγραμματισμού (iii)

- Pascal
  - Niklaus Wirth (1971)
  - Γλώσσα γενικού σκοπού (general purpose)
  - Συστηματικός και δομημένος προγραμματισμός
- C
  - Dennis Ritchie (1972)
  - Γενικού σκοπού αλλά χαμηλότερου επιπέδου
  - Προγραμματισμός συστημάτων
- C++
  - Bjarne Stroustrup (1983)
  - Γενικού σκοπού, αντικειμενοστρεφής

pzhelp

Ασκήσεις (i)

#1

```
#include "pzhelp"

PROGRAM {
  WRITELN("hello world");
}
```

```
#include "pzhelp"

PROGRAM {
  WRITELN("hello", "world");
}
```

```
#include "pzhelp"

PROGRAM {
  WRITE("hello "); WRITELN("world");
}
```

```
#include "pzhelp"

PROGRAM {
   WRITE("hello world"); WRITELN();
}
```

Δυο λόγια για το #include "pzhelp"

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main () {
  cout << "hello world" << endl;
}
```

Απλή C++

```
#include "pzhelp"
PROGRAM {
  WRITELN("hello world");
}
```

C++ & pzhelp

Ασκήσεις (ii)

```
#include "pzhelp"

void hello() {
  WRITELN("hello world");
}

PROGRAM {
  hello(); hell
  hello(); hell
}
```

#2

```
#include "pzhelp"

void hello() {
  WRITELN("hello world");
}

PROGRAM {
  for (int i = 0; i < 20; i++)
    hello();
}
```

#3

Ασκήσεις (iii)

```
#include "pzhelp"
const int n = 20;
int i;

void num_hello() {
  WRITELN(i, "hello world");
}

PROGRAM {
  for (i = 1; i <= n; i++)
    num_hello();
}
```

#4

Ασκήσεις (iv)

#5

```
#include "pzhelp"

void hello() {
  WRITELN("hello world");
}

PROGRAM {
  WRITELN("Give number of greetings",
          "then press <enter>:");
  int n = READ_INT();
  for (int i = 0; i < n; i++) hello();
}
```

Ασκήσεις (v)

#6

```
#include "pzhelp"

void hello() {
  WRITELN("hello world");
}

PROGRAM {
  WRITE("Give number of greetings",
        "then press <enter>: ");
  int n = READ_INT();
  if (n < 0)
    WRITELN("# is negative");
  else
    for (int i = 0; i < n; i++)
      hello();
}
```

Δομή του προγράμματος

```
#include "pzhelp"
PROGRAM
```

επικεφαλίδα

```
{
  REAL r, a;
```

δηλώσεις

```
  WRITE("Give the radius: ");
  r = READ_REAL();
  a = 3.1415926 * r * r;
  WRITELN("The area is:", a);
```

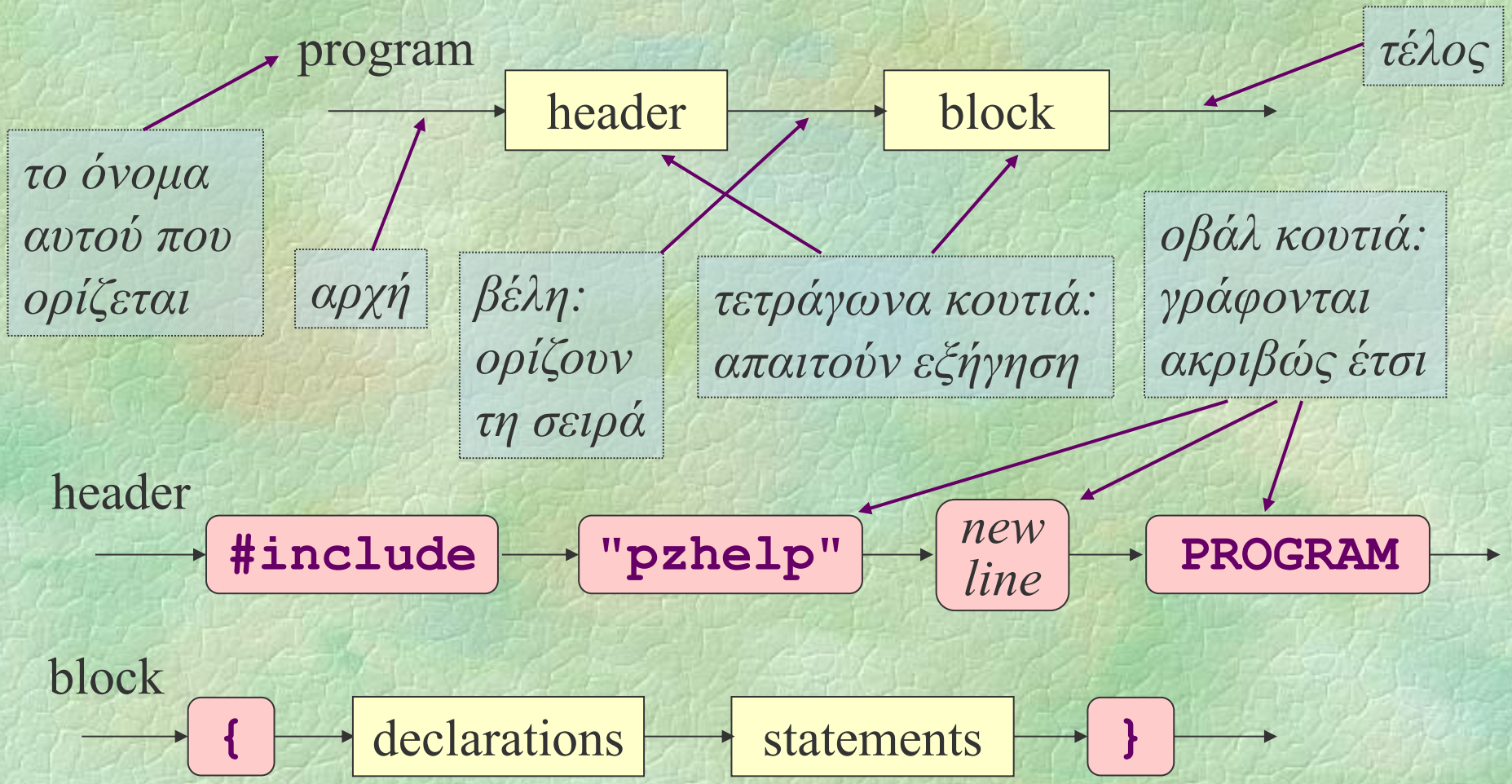
εντολές

```
}
```

σώμα = block

Συντακτικά διαγράμματα

Περιγράφουν τη **σύνταξη** τμημάτων του προγράμματος



μεταβλητή

?

!

Δηλώσεις μεταβλητών (i)

- μεταβλητή: ένα «κουτί» της μνήμης του υπολογιστή όπου μπορεί να αποθηκευτεί μια πληροφορία (ένα δεδομένο)
- στο τμήμα δηλώσεων ορίζουμε όλες τις μεταβλητές που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα
- για κάθε μεταβλητή ορίζουμε το όνομά της και τον τύπο της, δηλαδή το πεδίο των τιμών που μπορεί να πάρει η μεταβλητή

```
int i;
```

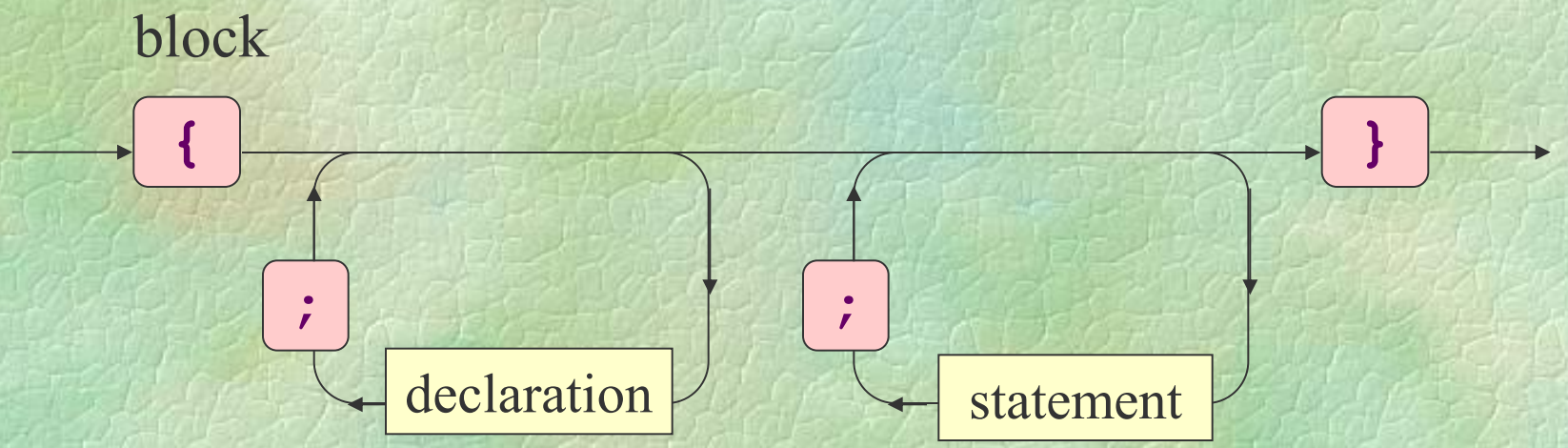
Δηλώσεις μεταβλητών (ii)

- Απλοί τύποι μεταβλητών
  - **int** *ακέραιοι αριθμοί* **0, 1, -3**
  - **REAL** *πραγματικοί αριθμοί* **3.14**
  - **char** *χαρακτήρες* **'a'**
  - **bool** *λογικές τιμές* **true, false**
- Δήλωση περισσότερων μεταβλητών

```
int i, j, k;
REAL x, y;        char ch;
bool changed;
```

Συντακτικά διαγράμματα, ξανά

- Αναλυτικότερο συντακτικό διάγραμμα για το σώμα (block)



Σχόλια

- Μίας ή περισσότερων γραμμών

```
REAL x, y;  /* οι συντεταγμένες
                    του κέντρου */
REAL r;     // η ακτίνα
```

- Γράφονται (σχεδόν) παντού και αγνοούνται από τον μεταγλωττιστή
- Βοηθούν στην κατανόηση του κώδικα

Τι σημαίνει ορθό πρόγραμμα (i)

- Συντακτική ορθότητα
  - το πρόγραμμα πρέπει να υπακούει στους συντακτικούς κανόνες της γλώσσας προγραμματισμού
- Συντακτικά σφάλματα στη C++
  - εμφανίζονται όταν δεν ικανοποιούνται τα συντακτικά διαγράμματα
  - παράδειγμα:

```
{ PROGRAM } )WRITELN;("hello world"
```

Τι σημαίνει ορθό πρόγραμμα (ii)

- Νοηματική ορθότητα
  - το πρόγραμμα πρέπει να υπακούει τους νοηματικούς κανόνες της γλώσσας προγραμματισμού
- Νοηματικά σφάλματα στη C++
  - εσφαλμένη χρήση τελεστών

```
n = "a" * 3;
```

  - χρήση μεταβλητών χωρίς δήλωση

```
int n, i;
n = i + j;
```

Τι σημαίνει ορθό πρόγραμμα (iii)

- Σημασιολογική ορθότητα
  - όταν το πρόγραμμα εκτελείται, πρέπει να κάνει ακριβώς αυτό που θέλουμε να κάνει
- Σημασιολογικά σφάλματα στη C++
  - προέρχονται από την κακή σχεδίαση ή την κακή υλοποίηση του προγράμματος
  - αυτά τα σφάλματα ονομάζονται συνήθως bugs και η διαδικασία εξάλειψής τους debugging

```
x1 = (-b + sqr(b*b-4*a*c))/(2*a);
```

sqrt

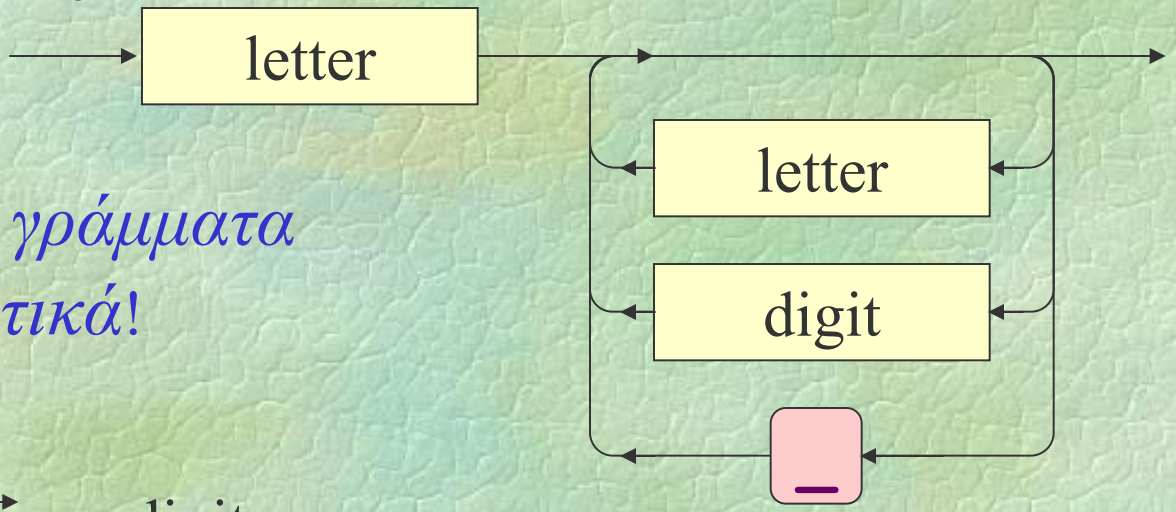
διαίρεση με το μηδέν

Τι σημαίνει ορθό πρόγραμμα (iv)

- Ο μεταγλωττιστής μπορεί να εντοπίσει σε ένα πρόγραμμα την ύπαρξη
  - συντακτικών σφαλμάτων
  - νοηματικών σφαλμάτων
- Τυπώνει κατάλληλα μηνύματα σφάλματος
- Ο προγραμματιστής είναι υπεύθυνος για
  - τη διόρθωση των παραπάνω
  - τον εντοπισμό και τη διόρθωση σημασιολογικών σφαλμάτων

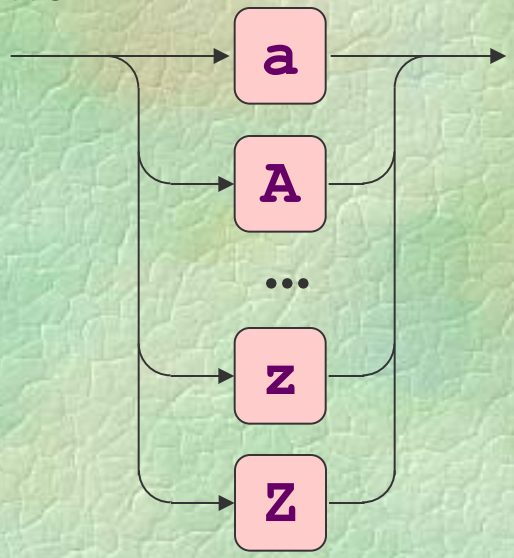
Συντακτικά διαγράμματα, ξανά

identifier

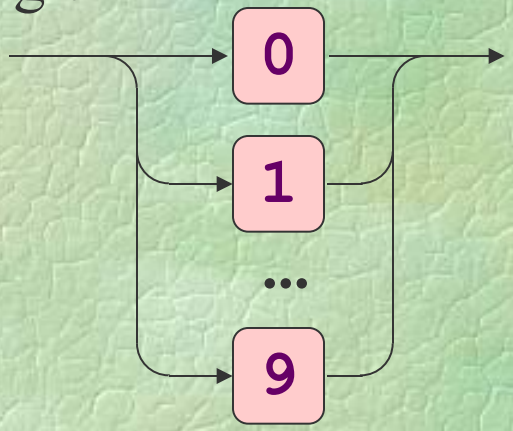


πεζά και κεφαλαία γράμματα είναι διαφορετικά!

letter



digit



Ανάθεση τιμής σε μεταβλητή

- Παραδείγματα αναθέσεων

```
n = 2;
pi = 3.14159;
done = true;
ch = 'b';
counter = counter + 1;
x1 = (-b + sqrt(b*b-4*a*c))/(2*a);
```

Έξοδος στην οθόνη (i)

- Έξοδος στην οθόνη

```
WRITELN("Hello world!");
WRITELN("Hello", "world!");
```

- Έξοδος χωρίς αλλαγή γραμμής

```
WRITE("Hel");
WRITELN("lo", "world!");
```

Έξοδος στην οθόνη (ii)

- Έξοδος στην οθόνη

```
x = 6;
WRITE("x");
WRITE(" = ");
WRITE(x);
WRITELN();
WRITELN("3*x-1 =", 3*x-1);
WRITELN("x*(x+1) =", x*(x+1));
```

```
x = 6
3*x-1 = 17
x*(x+1) = 42
```

Έξοδος στην οθόνη (iii)

- Έξοδος στην οθόνη

```
WRITE(4);
WRITELN(2);
WRITELN(4, 2);
WRITE(6);
WRITE(6);
WRITELN(6);
WRITE(6, 6);
WRITELN(6);
```

```
42
4 2
666
6 66
```

Είσοδος από το πληκτρολόγιο (i)

- Είσοδος από το πληκτρολόγιο

```
n = READ_INT();
r = READ_REAL();
c = getchar();
```

- Είσοδος από το πληκτρολόγιο και διάβασμα μέχρι το τέλος της γραμμής

```
SKIP_LINE();
```

Είσοδος από το πληκτρολόγιο (ii)

```
PROGRAM {
   REAL r, a;

   WRITE("Give the radius: ");
   r = READ_REAL();
   a = 3.1415926 * r * r;
   WRITELN("The area is:", a);
}
```

Είσοδος από το πληκτρολόγιο (iii)

```
PROGRAM {
   WRITE("Give the radius: ");
   REAL r = READ_REAL();
   REAL a = 3.1415926 * r * r;
   WRITELN("The area is:", a);
}
```

Ταυτόχρονη δήλωση μεταβλητών και "αρχικοποίηση" (initialization)
= ανάθεση για πρώτη φορά

Είσοδος από το πληκτρολόγιο (iv)

```
PROGRAM {
  int first = READ_INT();
  char operation = getchar();
  int second = READ_INT();

  int result;

  switch (operation) {
    case '+': result = first + second; break;
    case '-': result = first - second; break;
    case '*': result = first * second; break;
    case '/': result = first / second; break;
  }
  WRITELN("The result is:", result);
}
```

Είσοδος από το πληκτρολόγιο (v)

- Αποθηκευτικός χώρος (buffer)
  - παρεμβάλλεται μεταξύ του πληκτρολογίου και του προγράμματος
  - εκεί αποθηκεύονται προσωρινά τα δεδομένα που πληκτρολογεί ο χρήστης μέχρι να διαβαστούν από το πρόγραμμα
  - η εισαγωγή στο buffer γίνεται με το πάτημα του πλήκτρου enter
  - αρχικά ο buffer είναι κενός

Είσοδος από το πληκτρολόγιο (vi)

```
PROGRAM {
  WRITE("First: ");
  int first = READ_INT();
  WRITE("Second: ");
  int second = READ_INT();
  WRITELN("Result:", first + second);
}
```

Είσοδος από το πληκτρολόγιο (vii)

- Πρώτη εκτέλεση παραδείγματος

```
First: 3↵
Second: 6↵
Result: 9
```

- Δεύτερη εκτέλεση παραδείγματος

```
First: 3 6↵
Second: Result: 9
```

Είσοδος από το πληκτρολόγιο (viii)

```
PROGRAM {
  WRITE("First: ");
  int first = READ_INT();
  SKIP_LINE();
  WRITE("Second: ");
  int second = READ_INT();
  WRITELN("Result:", first + second);
}
```

Είσοδος από το πληκτρολόγιο (ix)

- Πρώτη εκτέλεση παραδείγματος

```
First: 3↵
Second: 6↵
Result: 9
```

- Δεύτερη εκτέλεση παραδείγματος

```
First: 3 6↵
Second: 7↵
Result: 10
```

Αριθμητικές παραστάσεις (i)

- Απλές παραστάσεις
  - σταθερές και μεταβλητές
- Απλές πράξεις
  - πρόσθεση, αφαίρεση `+, -`
  - πολλαπλασιασμός `*`
  - διαίρεση πραγματικών αριθμών `/`
  - πηλίκο ακέραιας διαίρεσης `/` *προσοχή!*
  - υπόλοιπο ακέραιας διαίρεσης `%` *modulo*
  - πρόσημα `+, -`

Αριθμητικές παραστάσεις (ii)

- Παραδείγματα
  - `1 + 1` → `2` τύπου **`int`**
  - `1.0 + 2.0` → `3.0` τύπου **`REAL`**
  - `1 + 3.0` → `4.0` τύπου **`REAL`**
  - `5 / 2` → `2` ακέραιο πηλίκο
  - `5 % 2` → `1` ακέραιο υπόλοιπο
  - `5.0 / 2` → `2.5` διαίρεση **`REAL`**
  - `5.0 % 2` → ↯ *απαγορεύεται!*
- Πραγματική διαίρεση μεταξύ ακεραίων;
  - ```
    int x=42, y=17;
    WRITE( 1.0 * x / y );
    ```
    ```

Αριθμητικές παραστάσεις (iii)

- Προτεραιότητα τελεστών
  - π.χ. `5+3*x-y` ≡ `5+(3*x)-y`
- Προσεταιριστικότητα τελεστών
  - π.χ. `x-y+1` ≡ `(x-y)+1`
- Σειρά εκτέλεσης των πράξεων
  - καθορίζεται εν μέρει από την προτεραιότητα και την προσεταιριστικότητα των τελεστών
  - γενικά όμως εξαρτάται από την υλοποίηση
  - π.χ. `(x+1)*(y-1)`

Λογικές παραστάσεις (i)

- Συγκρίσεις
  - ισότητα, ανισότητα **==, !=**
  - μεγαλύτερο, μικρότερο **>, <**
  - μεγαλύτερο ή ίσο, μικρότερο ή ίσο **>=, <=**
- Λογικές πράξεις
  - σύζευξη (και) **&&** *and*
  - διάζευξη (ή) **||** *or*
  - άρνηση (όχι) **!** *not*

Λογικές παραστάσεις (ii)

- Πίνακες αλήθειας λογικών πράξεων

p	q	p && q
false	false	false
false	true	false
true	false	false
true	true	true

σύζευξη

p	q	p || q
false	false	false
false	true	true
true	false	true
true	true	true

διάζευξη

p	! p
false	true
true	false

άρνηση

Προτεραιότητα τελεστών (i)

Τελεστής	Σημασία	Προσεταιρι-στικότητα
+ - !	πρόσημα, λογική άρνηση	—
* / %	πολλαπλασιασμός, διαίρεση	αριστερά
+ -	πρόσθεση, αφαίρεση	αριστερά
< <= >= >	σύγκριση	αριστερά
== !=	ισότητα	αριστερά
&&	λογική σύζευξη	αριστερά
||	λογική διάζευξη	αριστερά

επάνω: μεγάλη προτεραιότητα

κάτω: μικρή προτεραιότητα

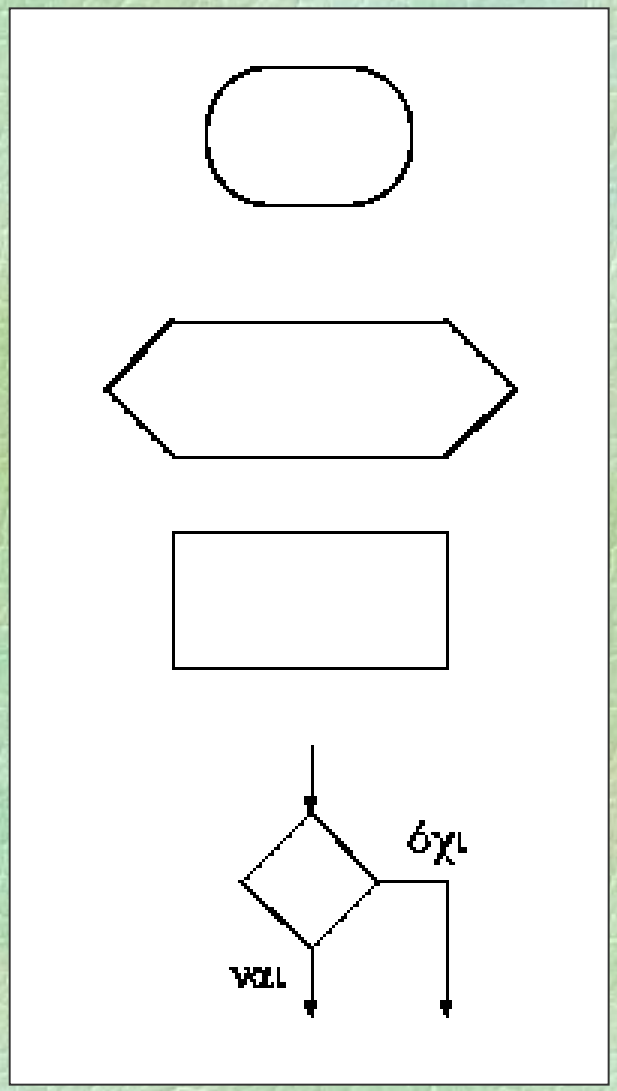
Προτεραιότητα τελεστών (ii)

- Προτεραιότητα τελεστών
  - π.χ. `!p && q || r`
    ≡ `((!p) && q) || r`
  - π.χ. `x>3 && ! y+z==5` λάθος!
    ≡ `(x>3) && ((((!y)+z)==5)`
  - π.χ. `x>3 && !(y+z==5)` σωστό
    ≡ `(x>3) && (!((y+z)==5))`
  - Όταν δεν είμαστε σίγουροι, δε βλάπτει να χρησιμοποιούμε επιπλέον παρενθέσεις!

Δομές ελέγχου

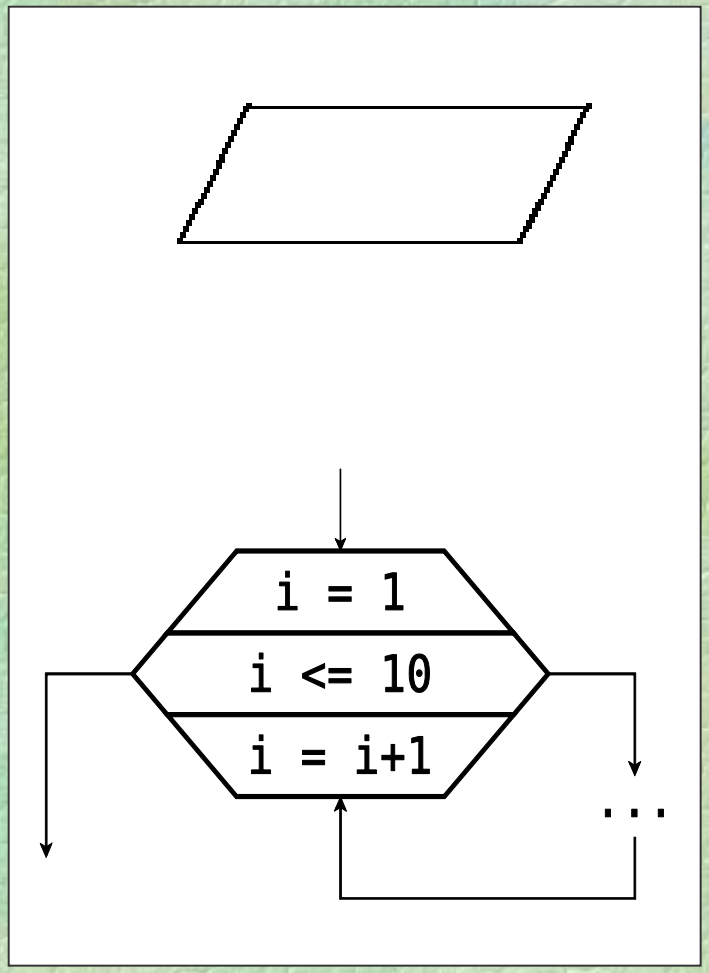
- Τροποποιούν τη σειρά εκτέλεσης των εντολών του προγράμματος
- Οι εντολές φυσιολογικά εκτελούνται κατά σειρά από την αρχή μέχρι το τέλος
- Με τις δομές ελέγχου επιτυγχάνεται:
  - ομαδοποίηση εντολών
  - εκτέλεση εντολών υπό συνθήκη
  - επανάληψη εντολών

Λογικά διαγράμματα ροής (i)



- Αρχή και τέλος
- Ολόκληρες λειτουργίες ή διαδικασίες
- Απλές εντολές
- Έλεγχος συνθήκης

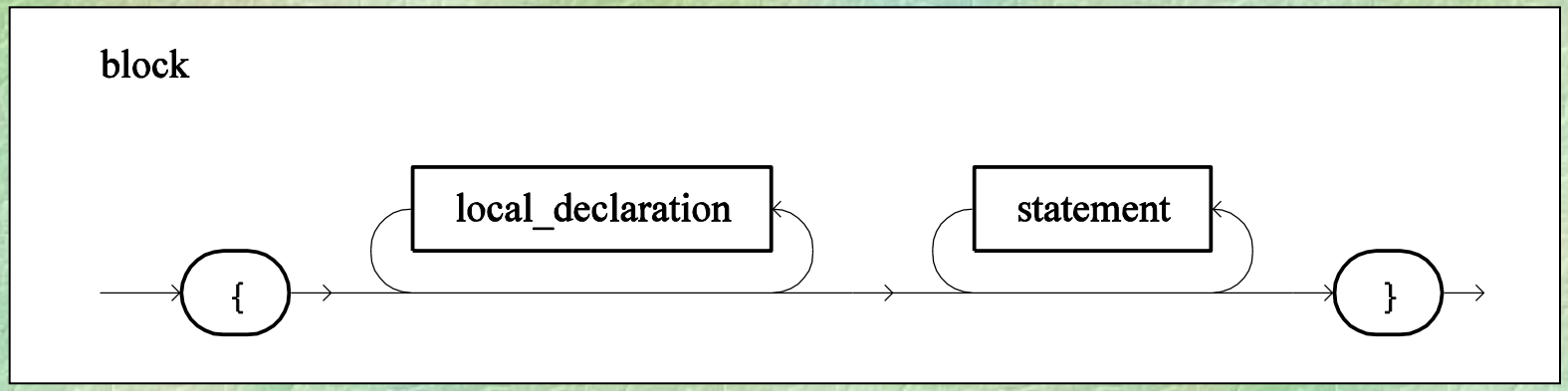
Λογικά διαγράμματα ροής (ii)



- Λειτουργία εισόδου/εξόδου
- Επανάληψη (βρόχος)

Σύνθετη εντολή (i)

- Ομαδοποίηση πολλών εντολών σε μία
- Χρήσιμη σε συνδυασμό με άλλες δομές
- Συντακτικό διάγραμμα



Σύνθετη εντολή (ii)

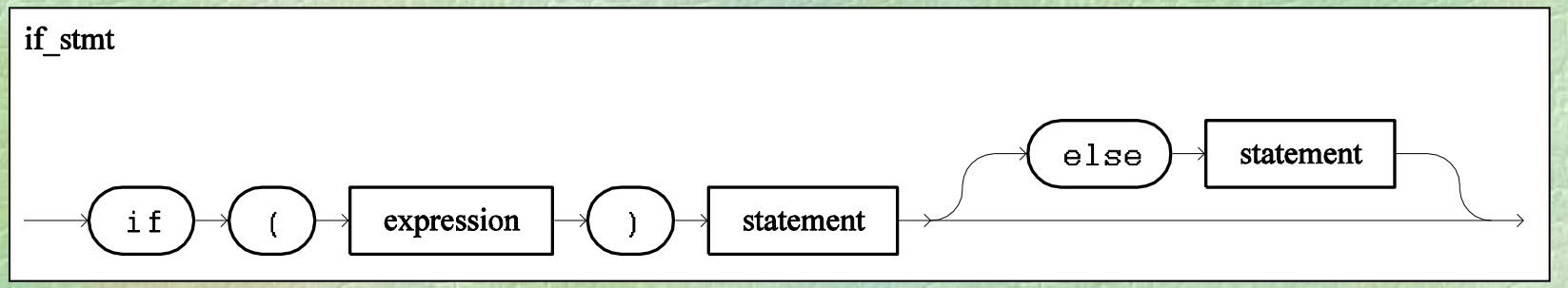
- Παραδείγματα

```
{
   int x=2, y=3, z=3;
   WRITELN(x, y, z);
}

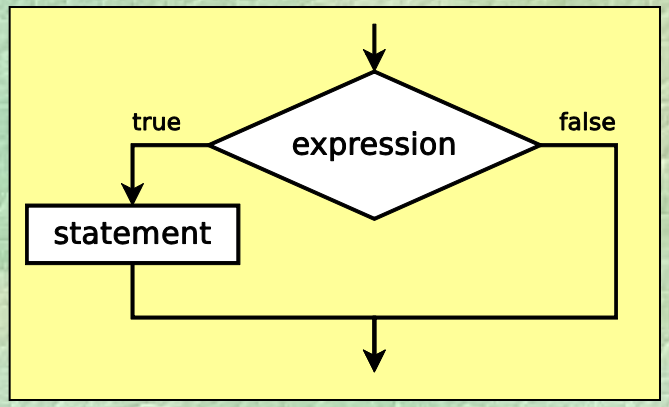
{
   a=2; b=3;
   {
      c=3;
      WRITE(a, b, c);
   }
   WRITELN();
}
```

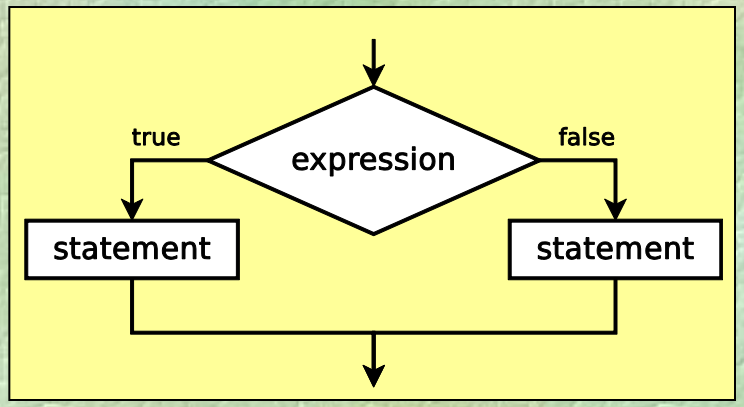
Εντολή if (i)

- Εκτέλεση εντολών υπό συνθήκη
- Συντακτικό διάγραμμα



- Λογικό διάγραμμα





Εντολή if (ii)

- Παραδείγματα

```
if (amount >= x) amount = amount - x;

if (amount >= 1000000)
   WRITELN("Found a millionaire!");

if (year > 1900 && year <= 2000)
   WRITE("20ός αιώνας");

if (x*x + y*y == z*z) {
  WRITELN("Pythagorian:", x, y, z);
  s = (z-x)*(z-y)/2;
  WRITELN("Perfect square:", s);
}
```

Εντολή if (iii)

- Παραδείγματα

```
if (year % 4 == 0 &&
    year % 100 != 0 ||
    year % 400 == 0 &&
    year % 4000 != 0)
  WRITELN("Το έτος", year,
          "είναι δίσεκτο!");
```

Εντολή if (iv)

- Παραδείγματα (συνέχεια)

```
if (x % 2 == 0)  WRITELN("άρτιος");
else             WRITELN("περιττός");

if (x > y)          WRITELN("κέρδισα");
  else if (x < y)   WRITELN("κέρδισες");
    else            WRITELN("ισοπαλία");
```

το παρακάτω είναι ισοδύναμο αλλά χειρότερο:

```
if (x > y)     WRITELN("κέρδισα");
if (x < y)     WRITELN("κέρδισες");
if (x == y)    WRITELN("ισοπαλία");
```

Εντολή if (v)

- Ένα **else** αντιστοιχεί στο πλησιέστερο προηγούμενο **if** που δεν έχει ήδη αντιστοιχιστεί σε άλλο **else**
- Παράδειγμα

```
if (x > 0)
  if (y > 0)
    WRITELN("πρώτο τεταρτημόριο");
  else if (y < 0)
    WRITELN("τέταρτο τεταρτημόριο");
  else
    WRITELN("άξονας των x");
```

Εντολή switch (i)

- Εκτέλεση υπό συνθήκη για πολλές διαφορετικές περιπτώσεις
- Προσφέρεται π.χ. αντί του:

```
if (month == 1)
  WRITELN("Ιανουάριος");
else if (month == 2)
  WRITELN("Φεβρουάριος");
else if ...
  ...
else if (month == 12)
  WRITELN("Δεκέμβριος");
else
  WRITELN("άκυρος μήνας");
```

Εντολή switch (ii)

- Παραδείγματα

```
switch (month) {
   case 1:  WRITELN("Ιανουάριος");   break;
   case 2:  WRITELN("Φεβρουάριος");  break;
    ...
   case 12: WRITELN("Δεκέμβριος");   break;
   default: WRITELN("άκυρος μήνας"); break;
}
```

Εντολή switch (iii)

- Περισσότερα παραδείγματα

```
switch (month) {
  case 1: case 3: case 5: case 7:
  case 8: case 10: case 12:
    WRITELN("31 days"); break;
  case 4: case 6: case 9: case 11:
    WRITELN("30 days"); break;
  case 2:
    WRITELN("28 or 29 days"); break;
}
```

Εντολή switch (iv)

- Οι μέρες μέχρι την πρωτοχρονιά

Χωρίς **break**

```
r = 0;
switch (month) {
   case 1:  r = r + 31;  // συνεχίζει...
   case 2:  r = r + 28;  // συνεχίζει...
   case 3:  r = r + 31;  // συνεχίζει...
   case 4:  r = r + 30;  // συνεχίζει...
   case 5:  r = r + 31;  // συνεχίζει...
   ...
   case 11: r = r + 30;  // συνεχίζει...
   case 12: r = r + 31;  // συνεχίζει...
}
r = r - day + 1;
WRITELN("Μένουν", r, "μέρες!");
```

Εντολή for (i)

- Μαθαίνω να μετράω

```
PROGRAM {   // counting
   int i;
   WRITELN("Look:");
   for (i = 1; i <= 10; i++)
      WRITELN(i);
}
```

```
Look:
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
```

1. Ξεκίνησε τη μεταβλητή `i` από την τιμή 1
2. Όσο η τιμή της `i` δεν ξεπερνά το 10
3. Εκτέλεσε το σώμα
4. Αύξησε κατά 1 την τιμή της `i`
5. Επανάλαβε!

Εντολή for (ii)

- Μαθαίνω να μετράω

```
PROGRAM {  // counting
   WRITELN("Look:");
   for (int i = 1; i <= 10; i++)
      WRITELN(i);
}
```

- Η μεταβλητή **i** ορίζεται και μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο μέσα στο βρόχο

Εντολή for (iii)

- Δυνάμεις του δύο

```
PROGRAM {  // powers of two
  int p = 1;
  for (int i = 0; i <= 10; i++) {
    WRITELN(2, "^", i, "=", p);
    p = p * 2;
  }
}
```

```
2^0 = 1
2^1 = 2
2^2 = 4
2^3 = 8
2^4 = 16
2^5 = 32
2^6 = 64
2^7 = 128
2^8 = 256
2^9 = 512
2^10 = 1024
```

Αναλλοίωτη: $p = 2^i$

Εντολή for (iv)

- Παραγοντικό

$$n! = 1 \times 2 \times 3 \times \ldots \times n$$

$$0! = 1$$

```
PROGRAM {  // factorial
  WRITE("Give n: ");
  int n = READ_INT();
  int p = 1;
  for (int i = 2; i <= n; i++)
    p = p * i;
  WRITELN(n, "! =", p);
}
```

Αναλλοίωτη: $p = i!$

```
Give n: 1↵
1 ! = 1

Give n: 4↵
4 ! = 24

Give n: 7↵
7 ! = 5040

Give n: 12↵
12 ! = 479001600
```

```
Give n: 17↵
17! = -288522240
```

Υπερχείλιση!

Εντολή for (v)

- Βλέπω αστεράκια

```
for (i = 1; i <= 5; i++) {
   for (j = 1; j <= 10; j++)
      WRITE("*");
   WRITELN();
}
```

```
**********
**********
**********
**********
**********
```

```
for (i = 1; i <= 5; i++) {
   for (j = 1; j <= 2*i; j++)
      WRITE("*");
   WRITELN();
}
```

```
**
****
******
********
**********
```

Εντολή for (vi)

- Ντόμινο
  - οι αριθμοί πηγαίνουν μέχρι το $n = 6$
  - συνολικά 28 κομμάτια
  - τι γίνεται για άλλες τιμές του n;

Εντολή for (vii)

```
PROGRAM {  // domino2
  WRITE("Give n: ");
  int n = READ_INT();
  int count = 0;
  for (int i = 0; i <= n; i++)
    for (int j = i; j <= n;
          j++) {
      WRITELN(i, j);
      count = count + 1;
    }
  WRITELN("Total", count,
          "pieces.");
}
```

```
Give n: 3↵
0 0
0 1
0 2
0 3
1 1
1 2
1 3
2 2
2 3
3 3
Total 10 pieces.
```

Εντολή for (viii)

- Ακριβώς *i*+1 κομμάτια έχουν τον αριθμό *i* ως μεγαλύτερο!

```
PROGRAM {  // domino1
   WRITE("Give n: ");
   int n = READ_INT();
   int count = 0;
   for (int i = 0; i <= n;
           i++) {
      WRITELN(i+1, "with largest", i);
      count = count + i + 1;
   }
   WRITELN("Total", count, "pieces.");
}
```

```
Give n: 6↵
1 with largest 0
2 with largest 1
3 with largest 2
4 with largest 3
5 with largest 4
6 with largest 5
7 with largest 6
Total 28 pieces.
```

Εντολή for (ix)

- Λίγα μαθηματικά δε βλάπτουν...

$$count = \sum_{i=0}^{n}(i+1) = \sum_{i=1}^{n+1} i = \frac{(n+1)(n+2)}{2}$$

```
Give n: 6↵
Total 28 pieces.

Give n: 17↵
Total 171 pieces.

Give n: 42↵
Total 946 pieces.
```

```
PROGRAM {  // domino0
  WRITE("Give n: ");
  int n = READ_INT();
  int count = (n+2)*(n+1)/2;
  WRITELN("Total", count, "pieces.");
}
```

Εντολή for (x)

- Υπολογίζουμε το ίδιο με 3 διαφορετικούς τρόπους

$$count = \sum_{i=0}^{n}\sum_{j=i}^{n} 1 = \sum_{i=0}^{n}(i+1) = \frac{(n+1)(n+2)}{2}$$

`domino2` **`domino1`** **`domino0`**

- Πόσες αριθμητικές πράξεις κάνουν;
  - **`domino2`**: $(n+1)(n+2)/2$ προσθέσεις $O(n^2)$
  - **`domino1`**: $2(n+1)$ προσθέσεις $O(n)$
  - **`domino0`**: 2 προσθέσεις, 1 πολλαπλασιασμός $O(1)$
- Καλύτερο (γρηγορότερο) πρόγραμμα: αυτό με τη μικρότερη δυνατή πολυπλοκότητα!
- Πόσο σκέφτομαι εγώ / Πόσο «σκέφτεται» ο Η/Υ !

Εντολή for (xi)

- Παραλλαγές: αύξηση και μείωση
  - `for (i = lower; i <= upper; i++)`
    αν **lower** ≤ **upper**, θα γίνουν **upper** − **lower** + 1 επαναλήψεις, αλλιώς καμία
  - `for (i = upper; i >= lower; i--)`
    αν **lower** ≤ **upper**, θα γίνουν **upper** − **lower** + 1 επαναλήψεις, αλλιώς καμία

Εντολή for (xii)

- Παραλλαγές: αύξηση και μείωση με βήμα
  - `for (i = 1; i <= 20; i += 3)`
    `i` παίρνει τις τιμές: 1, 4, 7, 10, 13, 16, 19
  - `for (i = 100; i >= 50; i -= 5)`
    `i` παίρνει τις τιμές: 100, 95, 90, 85, ..., 60, 55, 50

Εντολή for (xiii)

- Ειδικές περιπτώσεις: μία φορά

```
for (i = 10; i <= 10; i++)
for (i = 10; i >= 10; i--)
```

- Ειδικές περιπτώσεις: καμία φορά

```
for (i = 12; i <= 10; i++)
for (i = 10; i >= 12; i--)
```

Εντολή for (xiv)

- Κακή ιδέα #1:
  - Να αλλάζουμε τη μεταβλητή ελέγχου (π.χ. με ανάθεση) μέσα στο σώμα του βρόχου

```
for (i = 1; i <= 10; i++) {
   if (i > 5) i = 20;
   WRITELN(i);
}
```

- Δεν απαγορεύεται, κάνει όμως δύσκολη την κατανόηση των βρόχων!

for: συγκεκριμένο, εκ των προτέρων γνωστό πλήθος επαναλήψεων!

Εντολή for (xv)

- Κακή ιδέα #2:
  - Να αλλάζουμε το (άνω ή κάτω) όριο (π.χ. με ανάθεση) μέσα στο σώμα του βρόχου

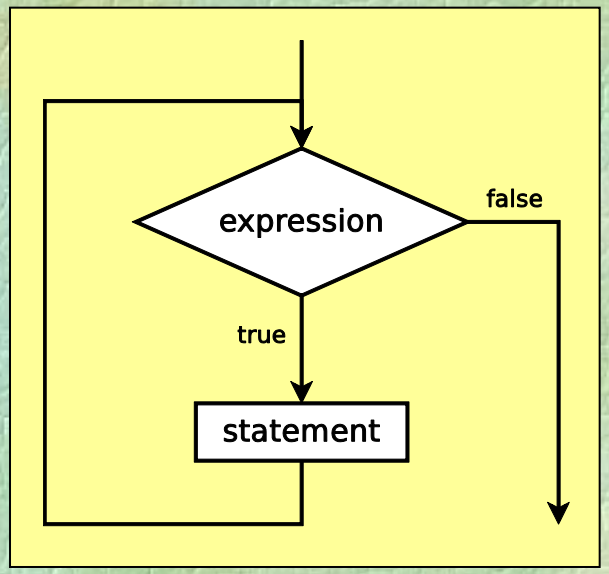
```
n = 10;
for (i = 1; i <= n; i++) {
   n--;                    // ή χειρότερα n++;
   WRITELN(i);
}
```

- Ούτε αυτό απαγορεύεται, κάνει όμως δύσκολη την κατανόηση των βρόχων!

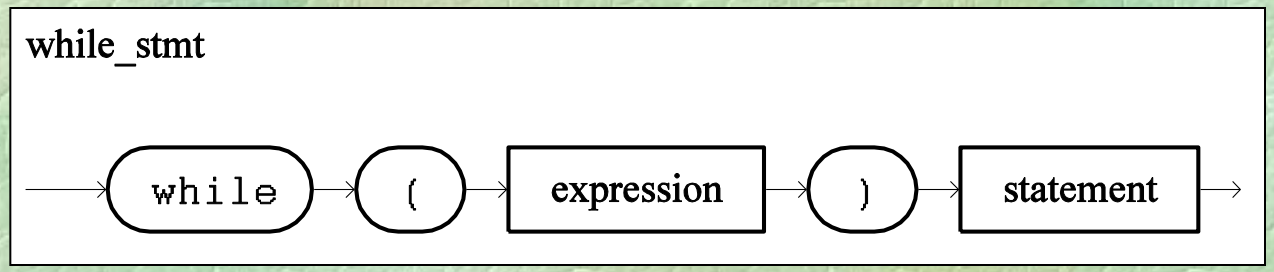
for: συγκεκριμένο, εκ των προτέρων γνωστό πλήθος επαναλήψεων!

Εντολή while (i)

- Βρόχος όσο ικανοποιείται μια συνθήκη
- Λογικό διάγραμμα



- Συντακτικό διάγραμμα



Εντολή while (ii)

- Ο αριθμός επαναλήψεων γενικά δεν είναι γνωστός εκ των προτέρων
- Αν η συνθήκη είναι αρχικά ψευδής, ο βρόχος τερματίζεται χωρίς να εκτελεστεί το σώμα
- Η ροή ελέγχου μπορεί να μεταβληθεί με τις εντολές **`break`** και **`continue`**

Εντολή while (iii)

- Δυνάμεις του δύο, ξανά

```
PROGRAM {  // more powers of two
   int p = 1, i = 0;
   while (p <= 10000000) {
      WRITELN(2, "^", i,
                 "=", p);
      p = p * 2;
      i = i + 1;
   }
}
```

```
2^0 = 1
2^1 = 2
2^2 = 4
2^3 = 8
...
2^22 = 4194304
2^23 = 8388608
```

Αναλλοίωτη: $p = 2^i$

Εντολή while (iv)

- Άπειρος βρόχος

```
PROGRAM {  // line punishment
  while (true)
     WRITELN("I must not tell lies");
}
```

```
I must not tell lies
I must not tell lies
I must not tell lies
...
```

Break

Διακόπτουμε ένα πρόγραμμα με **Ctrl+C** *ή* **Ctrl+Break**

Εντολή while (v)

- Άπειρος βρόχος, λιγότερο προφανής

```
PROGRAM {
  // another_infinite_loop
  int x = 17;
  while (x > 0)
    x = (x + 42) % 2024;
}
```

x
17
59
101
143
185
...
1991
9
51
93
...

Αναλλοίωτη: το x είναι θετικός και περιττός ακέραιος

Εντολή while (vi)

- Πρώτοι αριθμοί

```
PROGRAM {  // primes
  WRITELN(2);
  for (int p = 3; p < 1000;
       p += 2) {
    int t = 3;
    while (p % t != 0)
      t = t + 2;
    if (p == t) WRITELN(p);
  }
}
```

Output
2
3
5
7
11
...
997

p	t
3	3
5	3
	5
7	3
	5
	7
9	3
11	3
	5
	7
...	...
997	997
999	3

Αναλλοίωτη του **while**: *το p δε διαιρείται με κανέναν αριθμό* ≥ 2 *και* $\leq t$

Εντολή while (vii)

- Μέγιστος κοινός διαιρέτης των *a* και *b*, ένας απλός αλγόριθμος

```
z = min(a, b);
while (a % z != 0 || b % z != 0)
   z = z - 1;
WRITELN(z);
```

Αναλλοίωτη: δεν υπάρχει αριθμός w > z που να διαιρεί και τον a και τον b

Πολυπλοκότητα: $O(\min(a, b))$

Εντολή while (viii)

- Μέγιστος κοινός διαιρέτης των a και b, αλγόριθμος με αφαιρέσεις
  - Ιδέα 1: αν $a > b$ τότε $\gcd(a, b) = \gcd(a-b, b)$

```
while (a > 0 && b > 0)
   if (a > b) a = a - b; else b = b - a;
WRITELN(a+b);
```

  - Στη χειρότερη περίπτωση, η πολυπλοκότητα είναι τώρα $O(\max(a, b))$
  - Σε «τυπικές» περίπτωσεις όμως, αυτός ο αλγόριθμος είναι καλύτερος του προηγούμενου

Εντολή while (ix)

- Μέγιστος κοινός διαιρέτης των *a* και *b*, αλγόριθμος του Ευκλείδη
  - Ιδέα 2: αν $a > b$ τότε $\gcd(a, b) = \gcd(a \bmod b, b)$

```
while (a > 0 && b > 0)
  if (a > b) a = a % b; else b = b % a;
WRITELN(a+b);
```

  - gcd(54, 16) = gcd(6, 16) = gcd(6, 4) = gcd(2, 4) = gcd(2, 0) = 2
  - gcd(282, 18) = gcd(12, 18) = gcd (12, 6) = gcd(0, 6) = 6
  - Πολυπλοκότητα: $O(\log(a+b))$

Εντολή while (x)

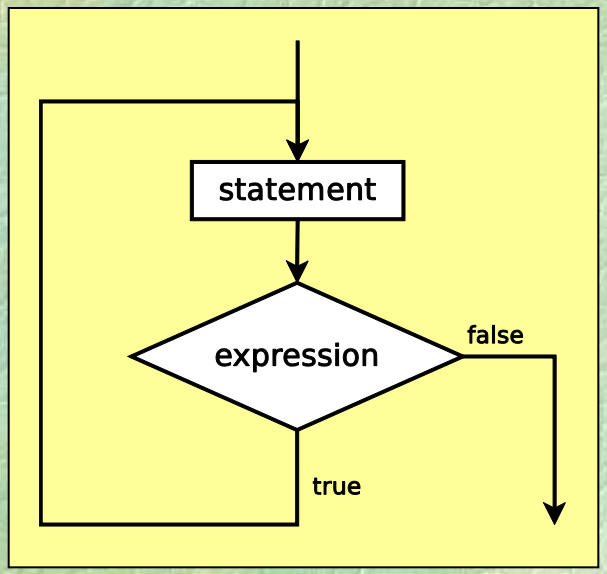
```
PROGRAM {  // gcd
  WRITE("Give a: ");
  int a = READ_INT();
  WRITE("Give b: ");
  int b = READ_INT();
  WRITE("gcd(", a, ",", b, ") =");

  a = abs(a); b = abs(b);

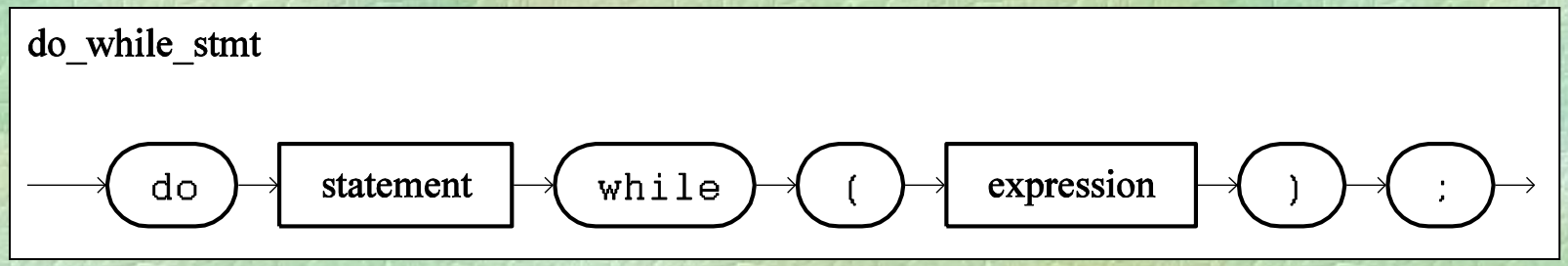
  while (a > 0 && b > 0)
    if (a > b) a = a % b; else b = b % a;
  WRITELN(a+b);
}
```

Εντολή do ... while (i)

- Βρόχος με τη συνθήκη να αποτιμάται στο τέλος κάθε επανάληψης
- Λογικό διάγραμμα



- Συντακτικό διάγραμμα



Εντολή do ... while (ii)

- Ο έλεγχος της συνθήκης γίνεται στο τέλος κάθε επανάληψης (και όχι στην αρχή)
- Το σώμα του βρόχου εκτελείται τουλάχιστον μία φορά
- Ο αριθμός επαναλήψεων γενικά δεν είναι γνωστός εκ των προτέρων
- Η ροή ελέγχου μπορεί να μεταβληθεί με τις εντολές **`break`** και **`continue`**

Εντολή do ... while (iii)

- Αριθμοί Fibonacci

  $F_0 = 0, \quad F_1 = 1$

  $F_{n+2} = F_n + F_{n+1}, \quad \forall n \in \mathbf{N}$

  0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610, 987, 1597, 2584, 4181, ...

- Πρόβλημα: ποιος είναι ο μεγαλύτερος αριθμός Fibonacci που δεν υπερβαίνει το n;

  $F_k \leq n$ και $F_{k+1} > n$

- NB: Η ακολουθία Fibonacci είναι αύξουσα

Εντολή do ... while (iv)

```
PROGRAM {  // fibonacci
  WRITE("Give n: ");
  int n = READ_INT();
  if (n <= 1) WRITELN(n);
  else {
    int prev = 0, curr = 1;
    do {
      int next = curr + prev;
      prev = curr;
      curr = next;
    } while (curr <= n);
    WRITELN(prev);
  }
}
```

```
Give n: 20↵
13
Give n: 100↵
89
Give n: 987↵
987
```

Αναλλοίωτη;

Εντολή do ... while (v)

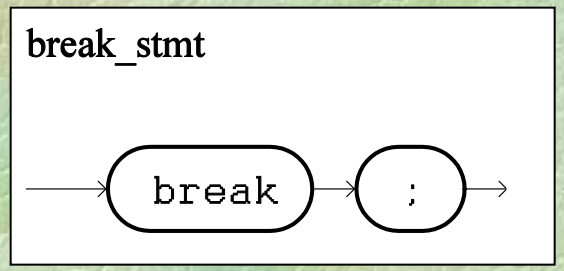
```
PROGRAM {  // bigsum
  do {
    int sum = 0;
    char symbol;
    do {
      int number = READ_INT();
      sum = sum + number;
      do symbol = getchar();
      while (symbol != '+' &&
              symbol != '=');
    } while (symbol == '+');
    WRITELN(sum);
  } while (true);
}
```

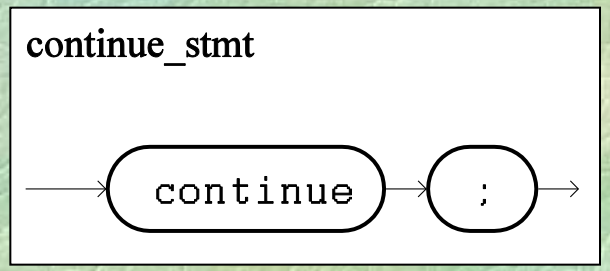
```
8+↵
9=↵
17
6+↵
3+↵
12+↵
21=↵
42
```

Break

Εντολές break και continue (i)

- Η **`break`** προκαλεί τον άμεσο (πρόωρο) τερματισμό ενός βρόχου
- Η **`continue`** προχωράει αμέσως στην επόμενη επανάληψη ενός βρόχου





Εντολές break και continue (ii)

- Η ατυχής εικασία...

  Ένας φίλος μας μαθηματικός ισχυρίζεται ότι για κάθε πρώτο αριθμό p ισχύει:

  $(17p) \bmod 4217 \neq 42$

- Θα προσπαθήσουμε να βρούμε αντιπαράδειγμα!
- Δηλαδή έναν πρώτο αριθμό p τέτοιον ώστε

  $(17p) \bmod 4217 = 42$

Εντολές break και continue (iii)

- Θα τροποποιήσουμε το πρόγραμμα υπολογισμού των πρώτων αριθμών

```
PROGRAM { // primes
  WRITELN(2);
  for (int p = 3; p < 1000; p += 2) {
    int t = 3;
    while (p % t != 0) t = t + 2;
    if (p == t) WRITELN(p);
  }
}
```

Εντολές break και continue (iv)

```
PROGRAM {  // prime_conj
  for (int p = 3; p < 1000000;
       p += 2) {
    int t = 3;
    while (p % t != 0) t = t+2;
    if (p != t) continue;
    if ((17 * p) % 4217 == 42) {
      WRITELN("Counterexample:", p);
      break;
    }
  }
}
```

αν το p δεν είναι πρώτος, προχώρησε στο επόμενο p

μόλις βρεις αντιπαράδειγμα σταμάτησε

```
Counterexample: 95009
```

$17 \times 95{,}009 = 1{,}615{,}153 = 383 \times 4217 + 42$

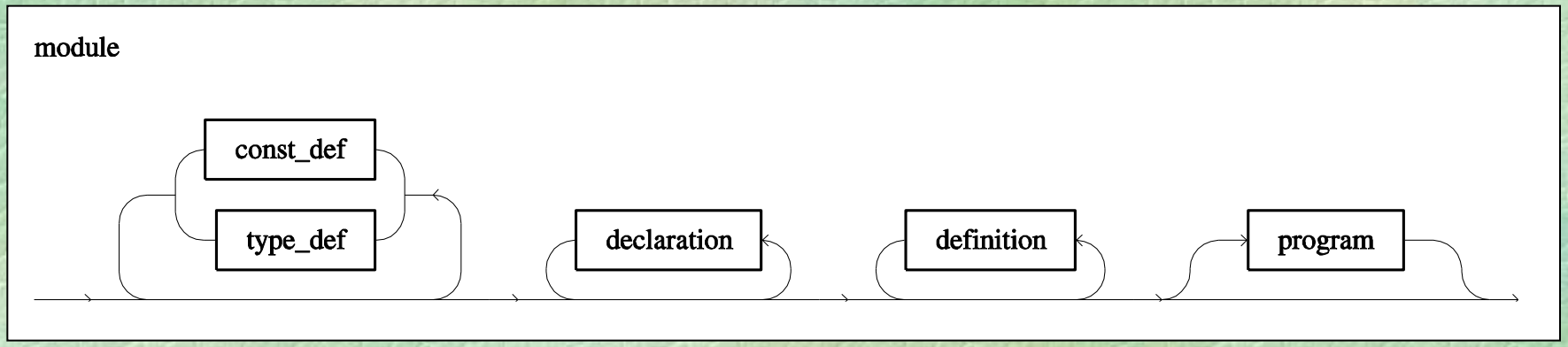
Κενή εντολή

- Συμβολίζεται με ένα semicolon
- Δεν κάνει τίποτα όταν εκτελείται
- Παράδειγμα

```
if (x > 4) {
   y = 1;
   x = x-5;
   ;              // κενή εντολή
}
```

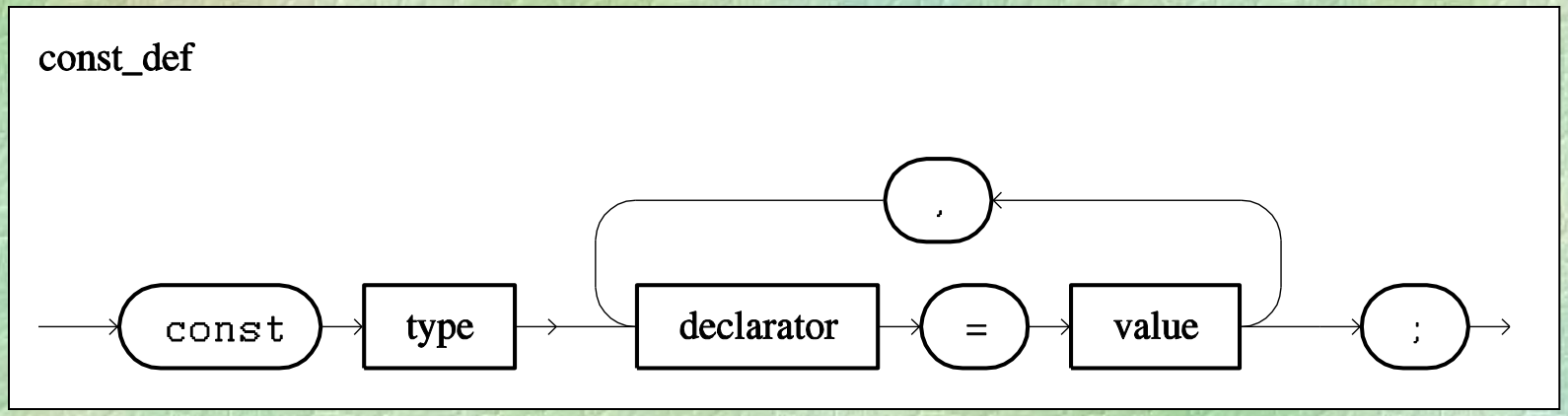
Δομή του προγράμματος, ξανά

- Μονάδα κώδικα module
  - βρίσκεται σε ξεχωριστό αρχείο προγράμματος
- Αποτελείται από:
  - δηλώσεις σταθερών και τύπων
  - δηλώσεις και ορισμούς υποπρογραμμάτων
  - τον ορισμό ενός (απλού) προγράμματος



Σταθερές (i)

- Σαν μεταβλητές, αλλά:
  - προηγείται η λέξη-κλειδί **`const`**
  - υποχρεωτική αρχικοποίηση
  - απαγορεύεται η ανάθεση



Σταθερές (ii)

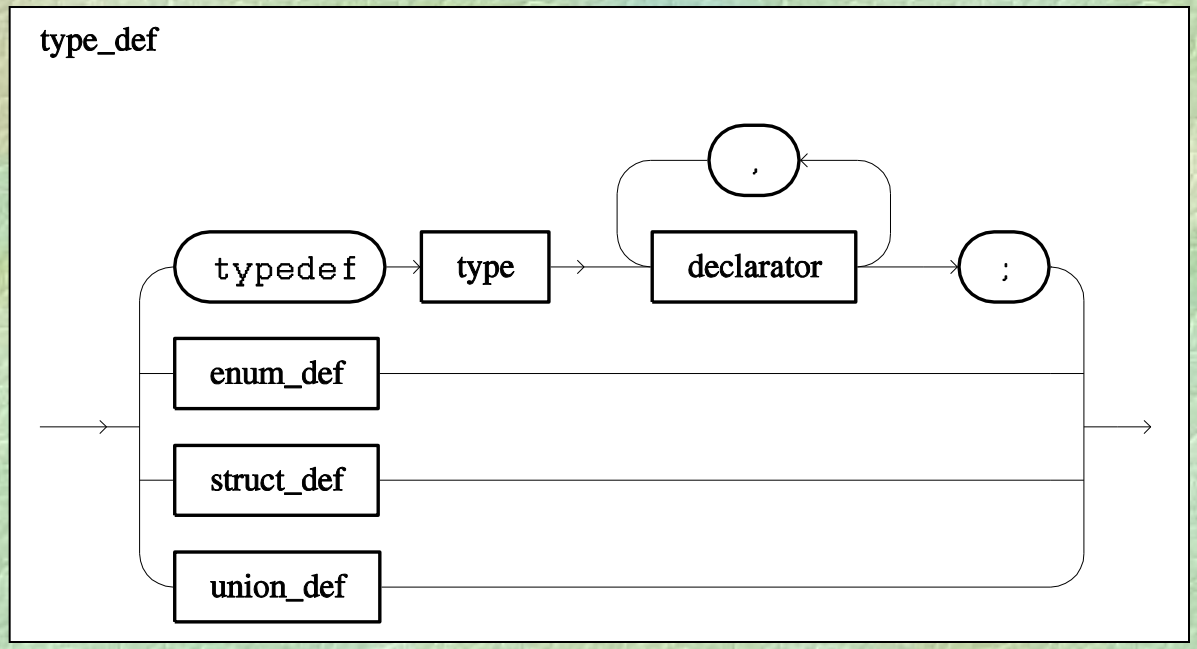
- Παραδείγματα

```
const int N = 100000;
const REAL pi = 3.1415926535,
           e  = 2.7182818284;
const char SPACE = ' ';
```

- Χρήση αντί των σταθερών εκφράσεων
  - π.χ. `for (int i=0; i<N; i++) ...`
- Προκαθορισμένες σταθερές
  - π.χ. `INT_MIN`, `INT_MAX`

Συνώνυμα τύπων (i)

- Σαν δηλώσεις μεταβλητών, αλλά:
  - προηγείται η λέξη-κλειδί **typedef**
  - όχι αρχικοποίηση
  - δηλώνουν ονόματα τύπων, όχι μεταβλητών



Συνώνυμα τύπων (ii)

- Παραδείγματα

```
typedef int number;
typedef bool bit;
typedef REAL real;
```

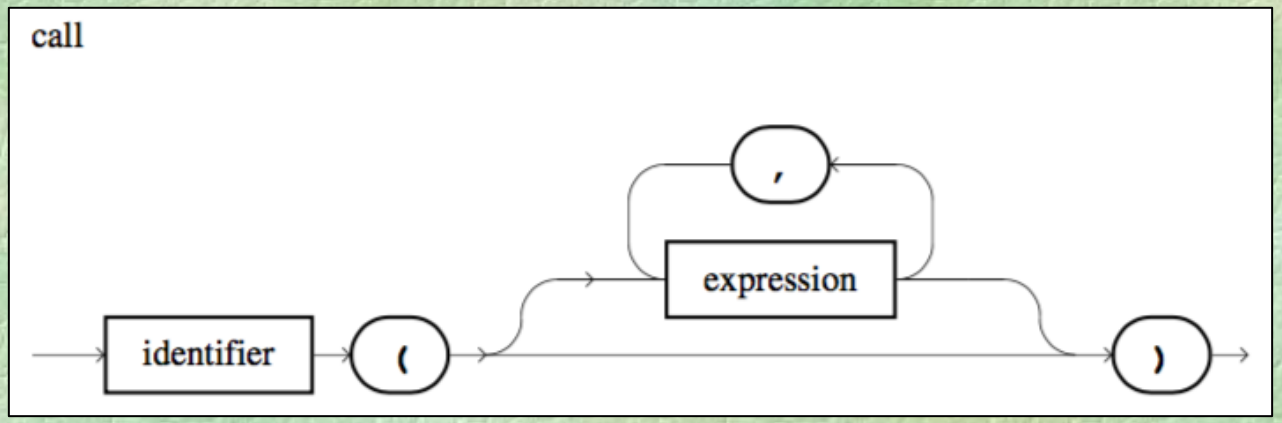
- Χρήση αντί των τύπων

```
number n;
bit b;   real r;
```

- Προκαθορισμένοι τύποι
  - π.χ. **int**, **REAL**, **bool**, **char**

Διαδικασίες (i)

- Ορίζονται στο τμήμα δηλώσεων
- Κάθε ορισμός διαδικασίας περιέχει:
  - την επικεφαλίδα της
  - το σώμα της
- Καλούνται με αναγραφή του ονόματός τους και απαρίθμηση των παραμέτρων

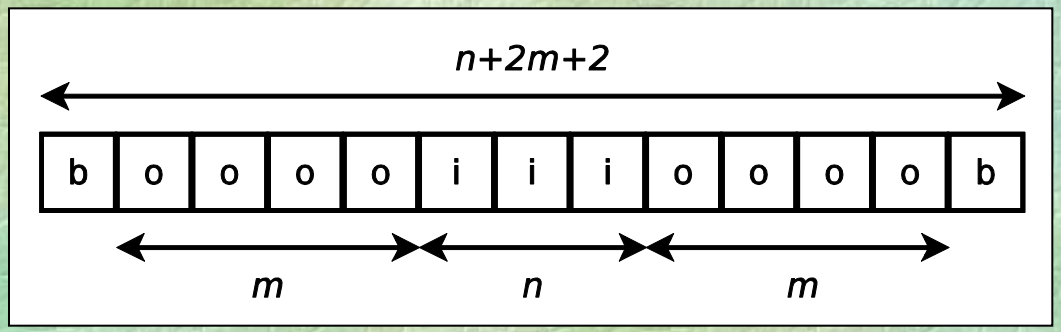


Διαδικασίες (iii)

- Τυπικές (formal) παράμετροι ενός υποπρογράμματος είναι αυτές που ορίζονται στην επικεφαλίδα του
- Πραγματικές (actual) παράμετροι ενός υποπρογράμματος είναι αυτές που δίνονται κατά την κλήση του
- Σε κάθε κλήση, οι πραγματικές παράμετροι πρέπει να αντιστοιχούν μία προς μία στη σειρά και στον τύπο με τις τυπικές

Διαδικασίες (iv)

- Χριστουγεννιάτικη καρτ ποστάλ
- Κάθε γραμμή έχει τη μορφή:



- **b**, **i**, **o** : άκρα, μέσο και υπόλοιπο γραμμής
- **n**, **m** : διαστάσεις

```
+----------------+
|                |
|       @        |
|      @@@       |
|     @@@@@      |
|    @@@@@@@     |
|   @@@@@@@@@    |
|  @@@@@@@@@@@   |
| @@@@@@@@@@@@@  |
|      ###       |
|      ###       |
|      ###       |
|                |
+----------------+
```

Διαδικασίες (v)

```
void line (char border, int n, char inside,
                        int m, char outside)
{
  int i;

  WRITE(border);      // αριστερό πλαίσιο
  for (i=0; i<m; i++) WRITE(outside);
  for (i=0; i<n; i++) WRITE(inside);
  for (i=0; i<m; i++) WRITE(outside);
  WRITELN(border);    // δεξιό πλαίσιο
}
```

τοπική μεταβλητή

όνομα διαδικασίας

εμβέλεια του **i**

τυπικές παράμετροι

Διαδικασίες (vi)

```
void line (char border, int n, char inside,
                        int m, char outside)
{ ... }

PROGRAM {  // tree_postcard
  int i;
  line('+', 15, '-', 0, ' ');    // πάνω πλαίσιο
  line('|', 15, ' ', 0, ' ');
  for (i=1; i<=13; i+=2)
    line('|', i, '@', (15-i)/2, ' ');
  for (i=1; i<=3; i++)
    line('|', 3, '#', 6, ' ');
  line('|', 15, ' ', 0, ' ');
  line('+', 15, '-', 0, ' ');    // κάτω πλαίσιο
}
```

πραγματικές παράμετροι

Διαδικασίες (iii)

- Τυπικές (formal) παράμετροι ενός υποπρογράμματος είναι αυτές που ορίζονται στην επικεφαλίδα του
- Πραγματικές (actual) παράμετροι ενός υποπρογράμματος είναι αυτές που δίνονται κατά την κλήση του
- Σε κάθε κλήση, οι πραγματικές παράμετροι πρέπει να αντιστοιχούν μία προς μία στη σειρά και στον τύπο με τις τυπικές

Διαδικασίες (v)

```
void line (char border, int n, char inside,
                        int m, char outside)
{
  int i;

  WRITE(border);      // αριστερό πλαίσιο
  for (i=0; i<m; i++) WRITE(outside);
  for (i=0; i<n; i++) WRITE(inside);
  for (i=0; i<m; i++) WRITE(outside);
  WRITELN(border);    // δεξιό πλαίσιο
}
```

τοπική μεταβλητή

όνομα διαδικασίας

εμβέλεια του **i**

τυπικές παράμετροι

Διαδικασίες (ii)

- Εμβέλεια ενός ονόματος (π.χ. μεταβλητής) είναι το τμήμα του προγράμματος όπου επιτρέπεται η χρήση του
- Τοπικά (local) ονόματα είναι αυτά που δηλώνονται σε ένα υποπρόγραμμα
- Γενικά (global) ονόματα είναι αυτά που δηλώνονται έξω από υποπρογράμματα και έχουν εμβέλεια σε ολόκληρο το module

Διαδικασίες (vii)

- Σύγκρουση ονομάτων
  - όταν μία παράμετρος ή τοπική μεταβλητή έχει ένα όνομα που χρησιμοποιείται ήδη σε εξωτερικότερη εμβέλεια
  - το όνομα στο εσωτερικότερο block κρύβει αυτό στο εξωτερικότερο block
- Εκτέλεση με το χέρι
- Trace tables

Διαδικασίες (viii)

```
int a, b, c;

void p42 (int y, int b) {
  int c = 42;  WRITELN(a, b, c, y);
  a = a + b; c = c + 1; b = c + b; y = y-1;
  WRITELN(a, b, c, y);
}

void p17 (int a, int x) {
  int b = 17; WRITELN(a, b, c, x);
  p42(b, x);  WRITELN(a, b, c, x);
}

PROGRAM {  // proc_example
  a = 1; b = 2; c = 3; p17(b, c); p42(c, a);
}
```

Διαδικασίες (ix)

Global	a	b	c
	1	2	3
	4		
	8		

p17	a	x	b
	2	3	17

p42	y	b	c
	17	3	42
	16	46	43

p42	y	b	c
	3	4	42
	2	47	43

Output

```
2 17 3 3
1 3 42 17
4 46 43 16
2 17 3 3
4 4 42 3
8 47 43 2
```

```
int a, b, c;

PROGRAM {  // proc_example
  a = 1; b = 2; c = 3; p17(b, c); p42(c, a);
}
```

Output

```
2 17 3 3
1 3 42 17
4 46 43 16
2 17 3 3
4 4 42 3
8 47 43 2
```

Global	a	b	c
	1	2	3
	4		
	8		

p17	a	x	b
	2	3	17

p42	y	b	c
	17	3	42
	16	46	43

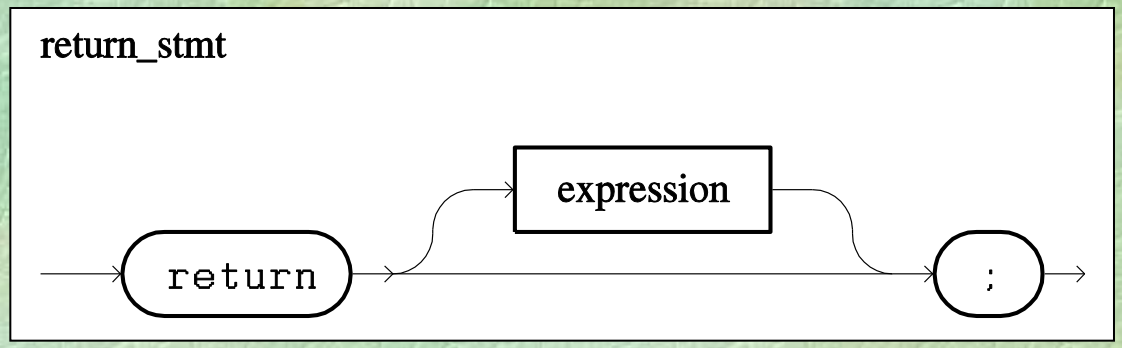
p42	y	b	c
	3	4	42
	2	47	43

```
void p17 (int a, int x) {
  int b = 17;
  WRITELN(a, b, c, x);
  p42(b, x);
  WRITELN(a, b, c, x);
}
```

```
void p42 (int y, int b) {
  int c = 42;
  WRITELN(a, b, c, y);
  a = a + b;
  c = c + 1;
  b = c + b;
  y = y-1;
  WRITELN(a, b, c, y);
}
```

Συναρτήσεις (i)

- Όπως οι διαδικασίες, αλλά επιστρέφουν μια τιμή ως αποτέλεσμα
- Δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εντολές αλλά μόνο σε παραστάσεις
- Επιστροφή αποτελέσματος με την εντολή **`return`** (και χωρίς παράσταση, για διαδικασίες)



Συναρτήσεις (ii)

```
int gcd (int a, int b) {
  a = abs(a); b = abs(b);
  while (a > 0 && b > 0)
    if (a > b) a = a % b;
    else       b = b % a;
  return a+b;
}

PROGRAM {  // gcd_func
  int x, y;

  WRITE("Give x: "); x = READ_INT();
  WRITE("Give y: "); y = READ_INT();
  WRITELN("gcd is:", gcd(x, y));
}
```

Δομημένος προγραμματισμός

- Ιδέα: κάθε ανεξάρτητη λειτουργία του προγράμματος πρέπει να αντιστοιχεί σε ανεξάρτητο υποπρόγραμμα
- Πλεονεκτήματα
  - Ευκολότερη ανάπτυξη προγραμμάτων («διαίρει και βασίλευε»)
  - Ευκολότερη ανίχνευση σφαλμάτων
  - Επαναχρησιμοποίηση έτοιμων υποπρογραμμάτων

Βαθμιαία συγκεκριμενοποίηση

- Περιγραφή επίλυσης προβλήματος
  - Εισαγωγή και αποθήκευση δεδομένων
    - τρόπος εισαγωγής δεδομένων
    - έλεγχος ορθότητας δεδομένων
  - Αλγόριθμος επεξεργασίας
    - περιγραφή του αλγορίθμου
    - κωδικοποίηση στη γλώσσα προγραμματισμού
  - Παρουσίαση αποτελεσμάτων
    - τρόπος και μορφή παρουσίασης αποτελεσμάτων

Παρουσίαση και συντήρηση (i)

- Ποιοτικά χαρακτηριστικά προγραμμάτων
  - Αναγνωσιμότητα
    - απλότητα
    - κατάλληλη επιλογή ονομάτων, π.χ.

      `monthly_income` **`incomeBeforeTaxes`**
    - στοίχιση
    - σχόλια
  - Φιλικότητα προς το χρήστη
  - Τεκμηρίωση
  - Συντήρηση
  - Ενημέρωση

Παρουσίαση και συντήρηση (ii)

- Στοίχιση
  - Πρόγραμμα και υποπρογράμματα

```
PROGRAM {        int f(int x) {
   δηλώσεις         δηλώσεις
   εντολές          εντολές
}                }
```

  - Απλές εντολές

```
if (...) εντολή        while (...) εντολή
else εντολή

                       for (...) εντολή
```

Παρουσίαση και συντήρηση (iii)

- Στοίχιση (συνέχεια)
  - Σύνθετες εντολές

```
if (...) {
   εντολές
}
else {
   εντολές
}
```

```
while (...) {
   εντολές
}
```

```
for (...) {
   εντολές
}
```

```
do {
   εντολές
} while (...);
```

Παρουσίαση και συντήρηση (iv)

- Στοίχιση (συνέχεια)
  - Σύνθετες εντολές (συνέχεια)

```
switch (...) {
   case τιμή1 : εντολές1
   case τιμή2 : εντολές2
   ...
   case τιμήn : εντολέςn
   default    : εντολέςn+1
}
```

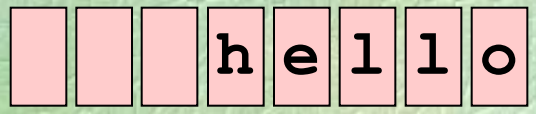
Έξοδος με μορφοποίηση

- Ακέραιες τιμές

```
WRITELN(FORM(42, 4));
```

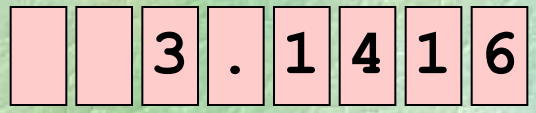
- ... αλλά και οτιδήποτε άλλο

```
WRITELN(FORM("hello", 8));
```



- Πραγματικές τιμές

```
WRITELN(FORM(3.1415926, 8, 4));
```



Αρχεία κειμένου

- Ανακατεύθυνση εισόδου και εξόδου

```
PROGRAM {  // redirection
  int n, i, sum = 0;

  INPUT("file-to-read-from.txt");
  OUTPUT("file-to-write-to.txt");

  n = READ_INT();
  for (i=0; i<n; i++)
    sum = sum + READ_INT();
  WRITELN(sum);
}
```

Τακτικοί τύποι

- Οι τύποι **int**, **bool** και **char**
- Απαριθμητοί τύποι

```
enum color {white, red, blue, green,
            yellow, black, purple};
enum sex   {male, female};
enum day   {mon, tue, wed, thu,
            fri, sat, sun};

color c = green;

day d = fri;
```

- Πράξεις με τακτικούς τύπους
  - τελεστές σύγκρισης **==**, **!=**, **<**, **>**, **<=**, **>=**

Πίνακες (i)

- Δομημένη μεταβλητή: αποθηκεύει μια συλλογή από τιμές δεδομένων
- Πίνακας (array): δομημένη μεταβλητή που αποθηκεύει πολλές τιμές του ίδιου τύπου

```
int n[5];
```

ορίζει έναν πίνακα πέντε ακεραίων, τα στοιχεία του οποίου είναι:

```
n[0], n[1], n[2], n[3], n[4]
```

και έχουν τύπο **int**

Πίνακες (ii)

- Παραδείγματα

```
REAL a[10];
int b[20];
char c[30];

...

a[1] = 4.2;
a[3] = READ_REAL();
a[9] = a[1];

b[2] = b[2]+1;

c[26] = 't';
```

Πίνακες (iii)

- Διάβασμα ενός πίνακα
  - γνωστό μέγεθος

```
for (int i=0; i<10; i++)
   a[i] = READ_INT();
```

  - πρώτα διαβάζεται το μέγεθος

```
int n = READ_INT();
for (int i=0; i<n; i++)
   a[i] = READ_INT();
```

  - στα παραπάνω πρέπει να προηγηθεί

```
int a[100];   // κάτι όχι μικρότερο του 10
```

Πίνακες (iv)

- Διάβασμα ενός πίνακα (συνέχεια)
  - τερματισμός με την τιμή 0 (φρουρός/sentinel)

```
int x = READ_INT(), i=0;
while (x != 0) {
   a[i] = x; i = i+1; x = READ_INT();
}
```

  - στο παραπάνω πρέπει να προηγηθεί

```
int a[100];
```

  - Προσοχή: δε γίνεται έλεγχος για το πλήθος των στοιχείων που δίνονται!

Πράξεις με πίνακες

- Απλές πράξεις, π.χ.

```
a[k] = a[k]+1;
a[k] = a[1]+a[n];
for (int i=0; i<10; i++) WRITELN(a[i]);
if (a[k] > a[k+1]) ...
```

- Αρχικοποίηση (με μηδενικά)

```
for (int i=0; i<10; i++) a[i]=0;
```

- Εύρεση ελάχιστου στοιχείου

```
x = a[0];
for (int i=1; i<10; i++)
   if (a[i] < x) x = a[i];
```

Γραμμική αναζήτηση (i)

- Πρόβλημα (αναζήτησης): δίνεται ένας πίνακας ακεραίων **a** και ζητείται να βρεθεί αν υπάρχει ο ακέραιος **x** στα στοιχεία του

```
PROGRAM {  // linsearch
   int x, n, a[100];
   άλλες δηλώσεις;
   οδηγίες προς τον χρήστη;
   x = READ_INT();
   n = READ_INT();
   for (i=0; i<n; i++)
      a[i] = READ_INT();
   αναζήτηση στον πίνακα για το x;
   παρουσίαση αποτελεσμάτων;
}
```

Γραμμική αναζήτηση (ii)

- Μια δυνατή συγκεκριμενοποίηση

```
i=0;
while (i < n && a[i] != x) i=i+1;
if (i < n)
   WRITELN("Το βρήκα στη θέση", i);
else
   WRITELN("Δεν το βρήκα");
```

  - Στη χειρότερη περίπτωση θα ελεγχθούν όλα τα στοιχεία του πίνακα
  - Απαιτούνται $a\,n + b$ βήματα $\Rightarrow$ γραμμική (a, b σταθερές, n το μέγεθος του πίνακα)

Γραμμική αναζήτηση (iii)

- Εναλλακτική συγκεκριμενοποίηση #1

```
i = 0;
do
   if (a[i] == x) break; else i = i+1;
while (i < n);

if (i < n)
   WRITELN("Το βρήκα στη θέση", i);
else
   WRITELN("Δεν το βρήκα");
```

Γραμμική αναζήτηση (iv)

- Εναλλακτική συγκεκριμενοποίηση #2

```
i = 0;
do
   if (a[i] == x) found = true;
   else { found = false; i = i+1; }
while (!found && i < n);

if (found)
   WRITELN("Το βρήκα στη θέση", i);
else
   WRITELN("Δεν το βρήκα");
```

Γραμμική αναζήτηση (v)

- Εναλλακτική συγκεκριμενοποίηση #3

```
i = 0; found = false;
do
   if (a[i] == x) found = true;
   else i = i+1;
while (!found && i < n);

if (found)
   WRITELN("Το βρήκα στη θέση", i);
else
   WRITELN("Δεν το βρήκα");
```

Γραμμική αναζήτηση (vi)

- Εναλλακτική συγκεκριμενοποίηση #4

```
i = 0;
do {
   found = a[i] == x;
   i = i+1;
} while (!found && i < n);

if (found)
   WRITELN("Το βρήκα στη θέση", i-1);
else
   WRITELN("Δεν το βρήκα");
```

Δυαδική αναζήτηση (i)

- Προϋπόθεση: ο πίνακας να είναι ταξινομημένος, π.χ. σε αύξουσα διάταξη
- Είναι πολύ πιο αποδοτική από τη γραμμική αναζήτηση
  - Στη χειρότερη περίπτωση απαιτούνται
    $a \log_2 n + b$ βήματα
    (a, b σταθερές, n το μέγεθος του πίνακα)

Δυαδική αναζήτηση (ii)

- Το πρόγραμμα

```
const int N = 100;

PROGRAM {  // binsearch
   int i, x, n, first, last, mid, a[N];
   οδηγίες προς τον χρήστη;
   x = READ_INT();
   n = READ_INT();
   for (i=0; i<n; i++)
      a[i] = READ_INT();   // κατά αύξουσα σειρά
   αναζήτηση και εμφάνιση αποτελέσματος;
}
```

Δυαδική αναζήτηση (iii)

- Αναζήτηση και εμφάνιση αποτελέσματος

```
first = 0; last = n-1;
while (first <= last) {
  mid = (first + last) / 2;
  if (x < a[mid]) last = mid-1;
  else if (x > a[mid]) first = mid+1;
  else break;
}
if (first <= last)
  WRITELN("Το βρήκα στη θέση", mid);
else
  WRITELN("Δεν το βρήκα");
```

Πολυδιάστατοι πίνακες

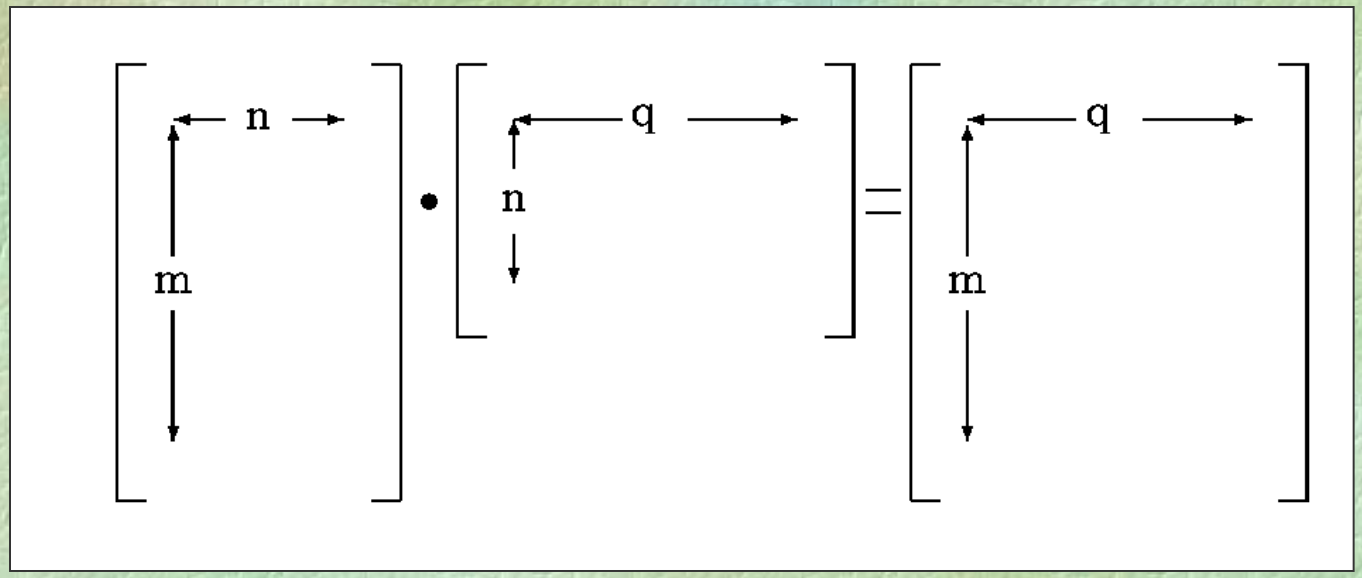
- Παράδειγμα

```
int a[10][16];
...
a[1][13] = 42;
...
for (i=0; i<10; i++)
   for (j=0; j<16; j++)
      a[i][j] = READ_INT();
```

Πολλαπλασιασμός πινάκων (i)

- Δίνονται οι πίνακες: $a\ (m \times n)$, $b\ (n \times q)$
- Ζητείται ο πίνακας: $c = a\ b\ \ (m \times q)$ όπου:

$$c_{i,j} = \sum_{k=1}^{n} a_{i,k} b_{k,j}$$



Πολλαπλασιασμός πινάκων (ii)

- Το πρόγραμμα

```
REAL a[m][n], b[n][q], c[m][q];

...

for (i=0; i<m; i++)
  for (j=0; j<q; j++) {
    c[i][j] = 0;
    for (k=0; k<n; k++)
      c[i][j] = c[i][j] +
                a[i][k]*b[k][j];
  }
```

Μαγικά τετράγωνα (i)

- Διδιάστατοι πίνακες ($n \times n$) που περιέχουν όλους τους φυσικούς μεταξύ 0 και n^2-1
  - το άθροισμα των στοιχείων κάθε στήλης, γραμμής και διαγωνίου είναι σταθερό

10	9	3	22	16
17	11	5	4	23
24	18	12	6	0
1	20	19	13	7
8	2	21	15	14

- Πρόβλημα: κατασκευή μαγικού τετραγώνου ($n \times n$) για περιττό n

Μαγικά τετράγωνα (ii)

				0

				0
1				

				0
1				
	2			

		3		
				0
1				
	2			

		3		
			4	
				0
1				
	2			

		3		
		5	4	
				0
1				
	2			

		3		
		5	4	
			6	0
1				
	2			

		3		
		5	4	
			6	0
1				7
	2			

		3		
		5	4	
			6	0
1				7
8	2			

	9	3		
		5	4	
			6	0
1				7
8	2			

10	9	3		
		5	4	
			6	0
1				7
8	2			

10	9	3		
	11	5	4	
			6	0
1				7
8	2			

Μαγικά τετράγωνα (iii)

- Κατασκευή για περιττό *n*

```
int a[17][17], n = 5;
int i = n/2, j = n, k = 0;
for (int h=0; h<n; h++) {
  j = j-1; a[i][j] = k; k = k+1;
  for (int m=1; m<n; m++) {
    j = (j+1) % n; i = (i+1) % n;
    a[i][j] = k; k = k+1;
  }
}
for (int i=0; i<n; i++) {
  for (int j=0; j<n; j++)
    WRITE(FORM(a[i][j], 4));
  WRITELN();
}
```

Αναδρομή (i)

- Αναδρομικές διαδικασίες ή συναρτήσεις: αυτές που καλούν τον εαυτό τους
- Το αρχικό πρόβλημα ανάγεται στην επίλυση ενός ή περισσότερων μικρότερων προβλημάτων του ίδιου τύπου
- Παράδειγμα: παραγοντικό
  - $n! = n * (n–1) * (n–2) * ... * 2 * 1$
  - Αναδρομικός ορισμός

    $0! = 1 \qquad (n+1)! = (n+1) * n!$

Αναδρομή (ii)

- Παράδειγμα: παραγοντικό (συνέχεια)

```
int fact (int n) {
  if (n==0) return 1;
  else      return fact(n-1) * n;
}
```

πρόγραμμα καλεί **fact(3)** — συνεχίζει...

fact(3) καλεί **fact(2)** — επιστρέφει **6**

fact(2) καλεί **fact(1)** — επιστρέφει **2**

fact(1) καλεί **fact(0)** — επιστρέφει **1**

fact(0) — επιστρέφει **1**

Αναδρομή (iii)

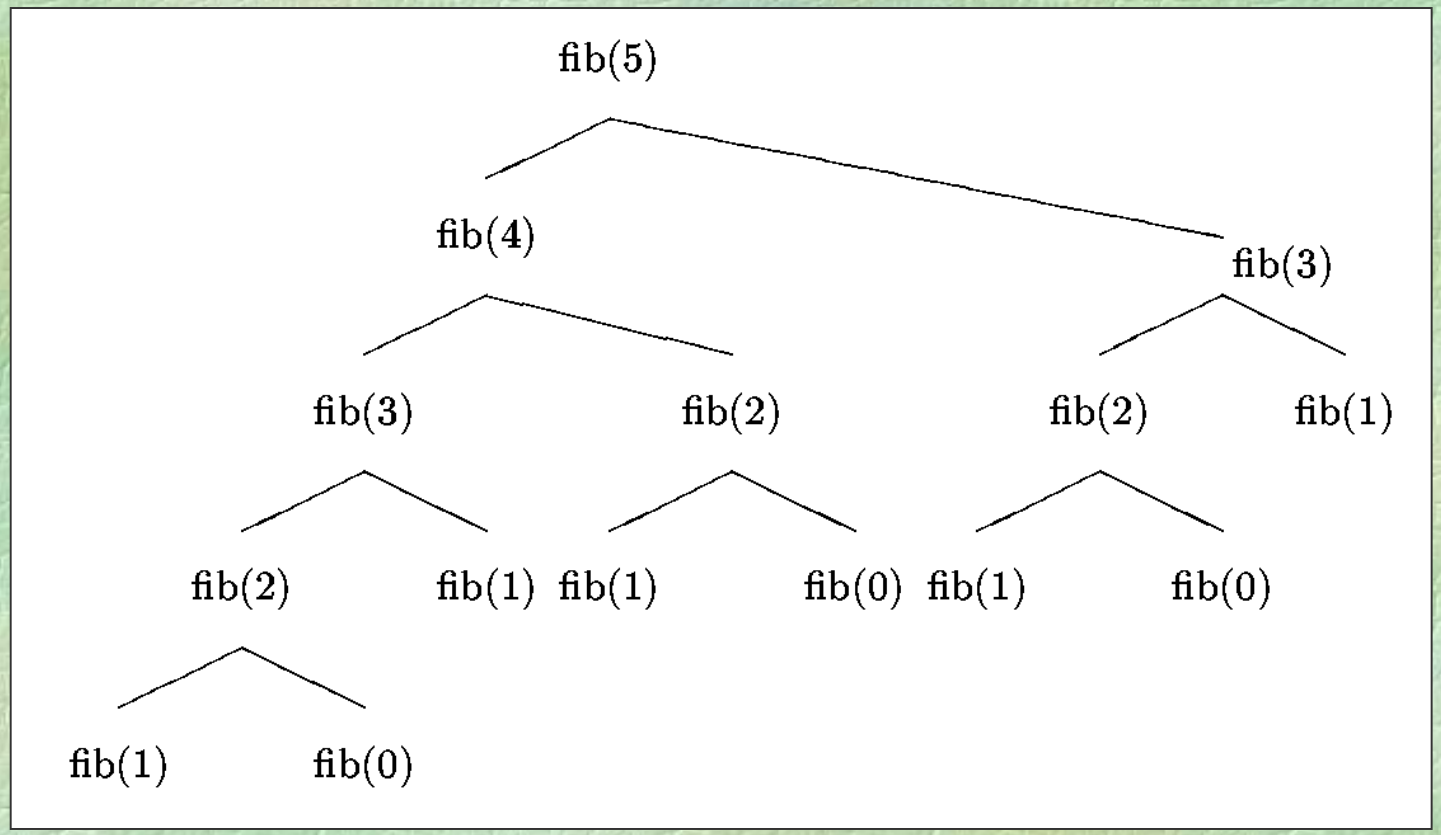
Αναδρομή (iv)

- Αριθμοί Fibonacci
  - $F_0 = 0 \;,\; F_1 = 1$
  - $F_{n+2} = F_n + F_{n+1} \quad , \forall n \in \mathbf{N}$
- Αναδρομική συνάρτηση υπολογισμού

```
int fib (int n) {
   if (n==0 || n==1)
      return n;
   else
      return fib(n-1) + fib(n-2);
}
```

Αναδρομή (v)

- Αυτός ο αναδρομικός υπολογισμός των αριθμών Fibonacci δεν είναι αποδοτικός



Αναδρομή (vi)

- Μέγιστος κοινός διαιρέτης
  - Αναδρομική υλοποίηση του αλγορίθμου του Ευκλείδη

```
int gcd (int i, int j) {
   if (i==0 || j==0)
      return i+j;
   else if (i > j)
      return gcd(i%j, j);
   else
      return gcd(j%i, i);
}
```

Αναδρομή (vii)

- Ύψωση σε δύναμη: x^n — x οτιδήποτε, $n \in \mathbf{N}$
  - με διαδοχικούς πολλαπλασιασμούς — $O(n)$
  - με διαδοχικό τετραγωνισμό — $O(?)$

$$x^{2k} = (x^2)^k$$

$$x^{2k+1} = x \cdot (x^2)^k$$

$$x^0 = 1$$

Αναδρομή (viii)

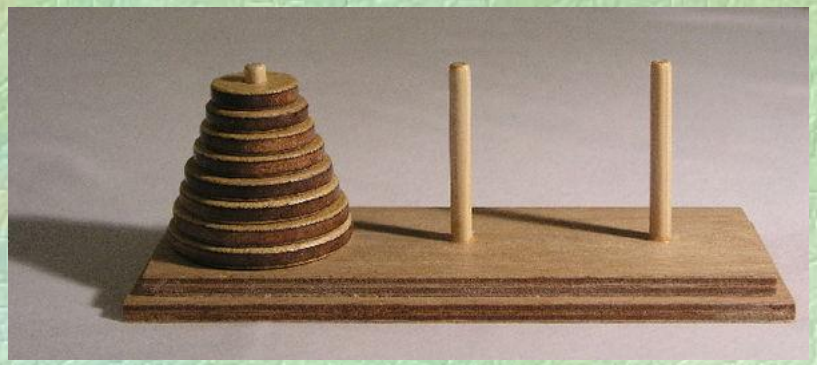
- Ύψωση σε δύναμη: x^n — x οτιδήποτε, $n \in \mathbf{N}$
  - με διαδοχικό τετραγωνισμό

```
int pow (int x, int n) {
   if (n == 0)
      return 1;
   else if (n%2 == 0)
      return pow(x*x, n/2);
   else
      return x * pow(x*x, n/2);
}
```

Πολυπλοκότητα; $O(\log n)$

Αναδρομή (ix)

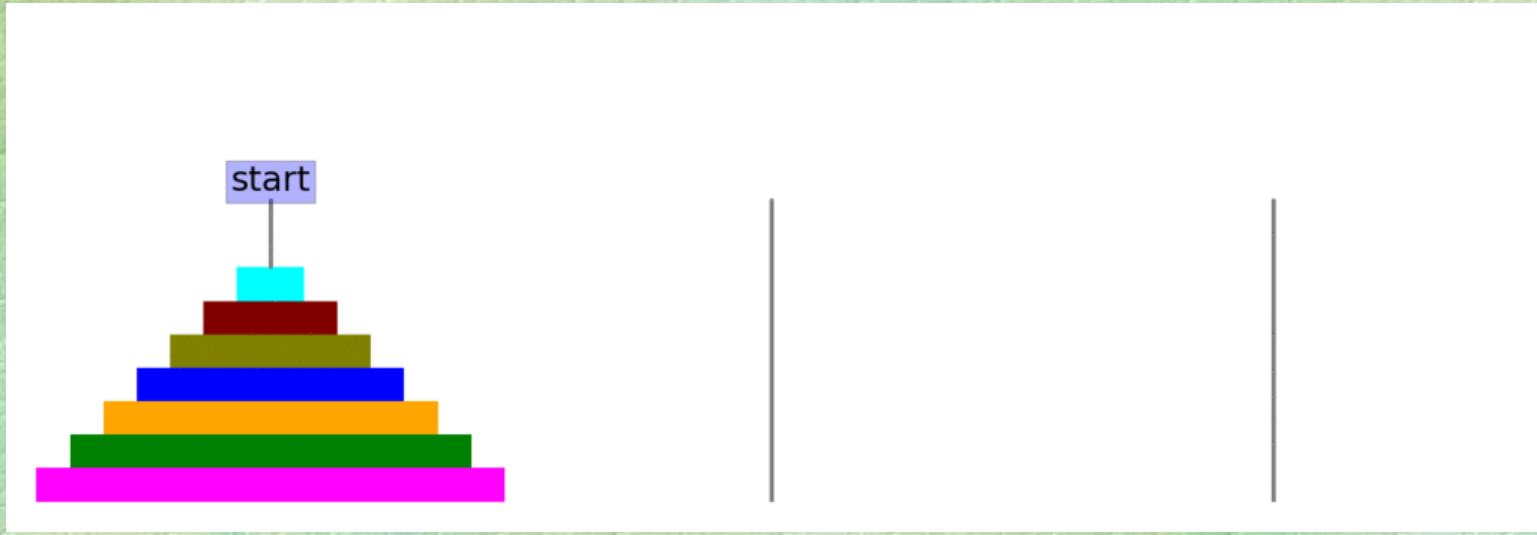
Οι πύργοι του Hanoi



- Ζητούμενο: Να μεταφερθούν οι δίσκοι από τον αριστερό στύλο στον δεξιό
  - μόνο ένας δίσκος μεταφέρεται κάθε φορά
  - από την κορυφή ενός στύλου στην κορυφή κάποιου άλλου στύλου
  - απαγορεύεται να τοποθετηθεί μεγαλύτερος δίσκος πάνω σε μικρότερο

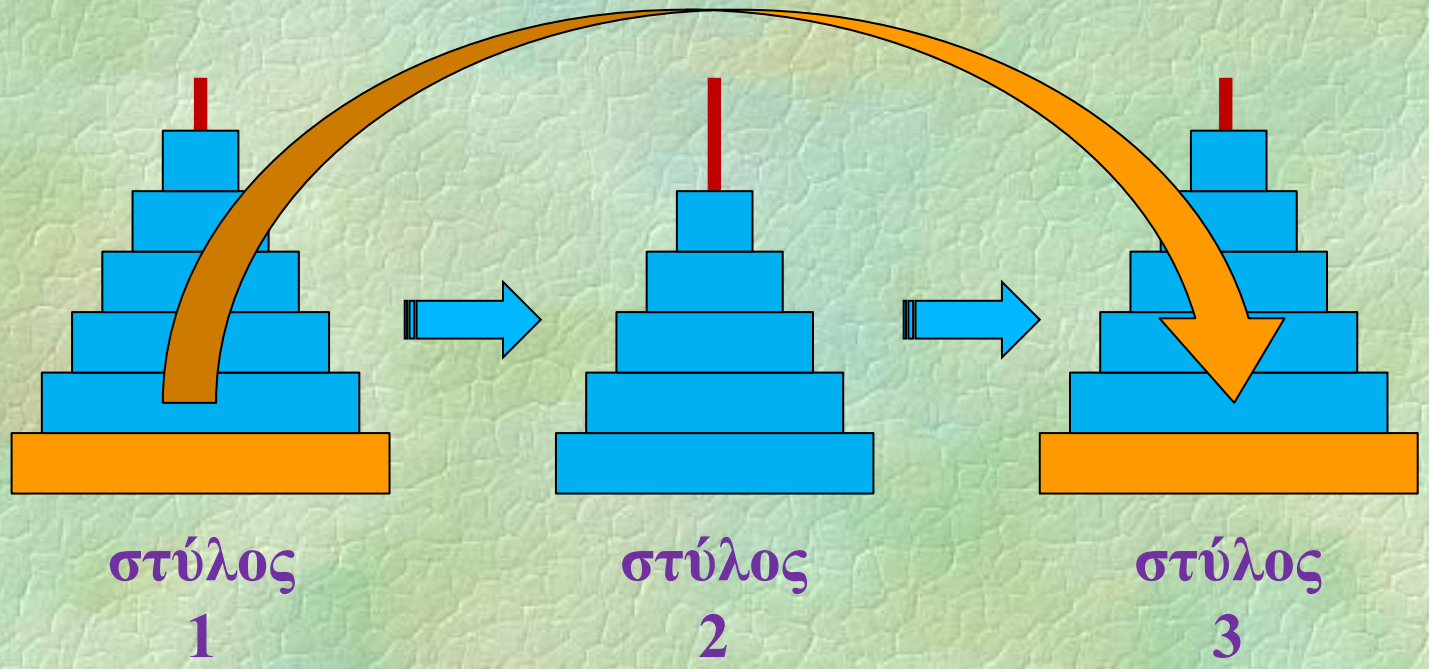
Αναδρομή (x)

- Οι πύργοι του Hanoi
- Λύση για 7 δίσκους με 127 κινήσεις



Αναδρομή (xi)

- Οι πύργοι του Hanoi



Αναδρομή (xii)

- Οι πύργοι του Hanoi

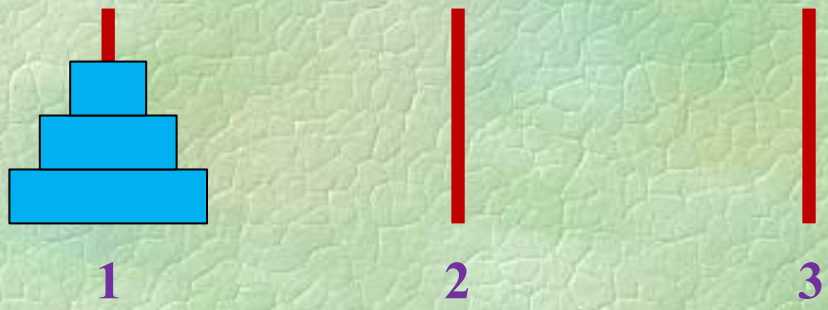
```
void solve (int rings, int source,
            int target, int auxil) {
  if (rings == 0) return;
  solve(rings-1, source, auxil, target);
  WRITELN("Move from", source,
          "to", target);
  solve(rings-1, auxil, target, source);
}
```

Αναδρομή (xiii)

- Οι πύργοι του Hanoi

```
PROGRAM {
   WRITE("Rings: ");
   int rings = READ_INT();
   solve(rings, 1, 3, 2);
}
```

```
Rings: 3↵
Move from 1 to 3
Move from 1 to 2
Move from 3 to 2
Move from 1 to 3
Move from 2 to 1
Move from 2 to 3
Move from 1 to 3
```



Αναδρομή (xiv)

- Συνάρτηση παρόμοια με του Ackermann

$$z(i, j, 0) = j+1 \qquad z(i, 0, 1) = i$$

$$z(i, 0, 2) = 0 \qquad z(i, 0, n+3) = 1$$

$$z(i, j+1, n+1) = z(i, z(i, j, n+1), n) \quad , \forall i, j, n \in \mathbf{N}$$

```
int z (int i, int j, int n) {
  if (n==0) return j+1;
  else if (j==0)
    if (n==1)       return i;
    else if (n==2) return 0;
         else       return 1;
  else return z(i, z(i,j-1,n), n-1);
}
```

Αμοιβαία αναδρομή

```
bool is_odd (int n);      // function prototype

bool is_even (int n) {
   if (n == 0) return true;
   else        return is_odd(n-1);
}

bool is_odd (int n) {
   if (n == 0) return false;
   else        return is_even(n-1);
}
```

Αριθμητικοί υπολογισμοί (i)

- Τύπος **`REAL`**
  - προσεγγίσεις πραγματικών αριθμών
  - **`trunc`**: ακέραιο μέρος (αποκοπή)
  - **`floor`**: ακέραιος που δεν υπερβαίνει
  - **`round`**: στρογγυλοποίηση
- Παράσταση κινητής υποδιαστολής
  - mantissa και εκθέτης $\pm m \cdot 2^x$

    όπου $0.5 \le m < 1$ και $x \in \mathbf{Z}$ ή $m = x = 0$
  - το m είναι περιορισμένης ακρίβειας, π.χ. 8 σημαντικά ψηφία

Αριθμητικοί υπολογισμοί (ii)

- Αριθμητικά σφάλματα

  $1000000 + 0.000000001 = 1000000$ *γιατί;*

- Αναπαράσταση των αριθμών

  $1000000 \approx 0.95367432 \cdot 2^{20}$

  $0.000000001 \approx 0.53687091 \cdot 2^{-29}$

  $\approx 0.00000000 \cdot 2^{20}$

  άθροισμα $\approx 0.95367432 \cdot 2^{20}$

Εύρεση τετραγωνικής ρίζας (i)

- Χωρίς χρήση της συνάρτησης **`sqrt`**
- Μέθοδος Βαβυλωνίων
- Καταγράφεται για πρώτη φορά από τον Ήρωνα τον Αλεξανδρέα
- Ειδική περίπτωση της γενικότερης μεθόδου του Newton, για την εύρεση της ρίζας οποιασδήποτε συνεχούς συναρτήσεως

  $f(y) = 0$ εδώ: $f(y) = y^2 - x$

  για κάποιο δοθέν x

Εύρεση τετραγωνικής ρίζας (ii)

- Περιγραφή της μεθόδου
  - Δίνεται ο αριθμός $x > 0$
  - Έστω προσέγγιση y της ρίζας, με $y \leq \sqrt{x}$
  - Έστω $z = x / y$
  - Το z είναι προσέγγιση της ρίζας, με $\sqrt{x} \leq z$
  - Για να βρω μια καλύτερη προσέγγιση, παίρνω το μέσο όρο των y και z
  - Επαναλαμβάνω όσες φορές θέλω

Εύρεση τετραγωνικής ρίζας (iii)

- Χωρίς χρήση της συνάρτησης **`sqrt`**

$$y_0 = 1 \qquad y_{i+1} = \frac{1}{2}\left(y_i + \frac{x}{y_i} \right)$$

- Παράδειγμα: $\sqrt{37}$ (6.08276253)

$y_0 = 1$

$y_1 = 19$

$y_2 = 10.473684$

$y_3 = 7.003174$

$y_4 = 6.143246$

$y_5 = 6.083060$

$y_6 = 6.082763$

...

Εύρεση τετραγωνικής ρίζας (iv)

```
REAL sqroot (REAL x) {
   const REAL epsilon = 0.00001; // 1E-5
   REAL older, newer = 1;

   do {
      older = newer;
      newer = (older + x/older) / 2;
   } while (!( /* συνθήκη τερματισμού */ ));
   return newer;
}
```

Εύρεση τετραγωνικής ρίζας (v)

- Εναλλακτικές συνθήκες τερματισμού
  - Σταθερός αριθμός επαναλήψεων

```
n == 20
```

  - Επιτυχής εύρεση ρίζας λάθος!

```
newer * newer == x
```

  - Απόλυτη σύγκλιση

```
abs(newer * newer - x) < epsilon
```

  - Σχετική σύγκλιση

```
abs(newer * newer - x) / newer < epsilon
```

Εύρεση τετραγωνικής ρίζας (vi)

- Εναλλακτικές συνθήκες τερματισμού
  - Απόλυτη σύγκλιση κατά Cauchy

```
abs(newer - older) < epsilon
```

  - Σχετική σύγκλιση

```
abs(newer - older) / newer < epsilon
```

Τριγωνομετρικές συναρτήσεις (i)

- Συνημίτονο με ανάπτυγμα Taylor

$$\cos(x) = \sum_{i=0}^{\infty} (-1)^i \frac{x^{2i}}{(2i)!}$$

- για τον όρο με δείκτη i+1 έχουμε:

$$(-1)^{i+1} \frac{x^{2i+2}}{(2i+2)!} = -\left[(-1)^i \frac{x^{2i}}{(2i)!} \right] \frac{x^2}{(2i+1)(2i+2)}$$

- οπότε αν $n = 2i+1$ έχουμε:

$$newterm = -oldterm \frac{x^2}{n(n+1)}$$

Τριγωνομετρικές συναρτήσεις (ii)

```
REAL mycos (REAL x) {
   const REAL epsilon = 1E-5;
   REAL sqx = x * x, term = 1, sum = 1;
   int n = 0;

   do {
      n = n + 2;
      term = -term * sqx / (n*(n-1));
      sum = sum + term;
   } while (abs(term/sum) >= epsilon);
   return sum;
}
```

Αριθμητικά συστήματα (i)

2024

$4 \cdot 10^0 = 4$

$2 \cdot 10^1 = 20$

$0 \cdot 10^2 = 0$

$2 \cdot 10^3 = 2000$

$\Sigma = 2024$

$101010_{(2)}$

$0 \cdot 2^0 = 0$

$1 \cdot 2^1 = 2$

$0 \cdot 2^2 = 0$

$1 \cdot 2^3 = 8$

$1 \cdot 2^3 = 0$

$1 \cdot 2^3 = 32$

$\Sigma = 42$

$$x_{n-1} \ \ldots \ x_1 \ x_0 \ (b)$$

$$x_{n-1} \cdot b^{n-1} + \ldots + x_1 \cdot b^1 + x_0 \cdot b^0 \quad = \quad \sum_{k=0}^{k<n} x_k \cdot b^k$$

Αριθμητικά συστήματα (ii)

$$x_{n-1} \ \ldots \ x_1 \ x_0 \ (b)$$

$$x_{n-1} \cdot b^{n-1} + \ldots + x_1 \cdot b^1 + x_0 \cdot b^0 \quad = \quad \sum_{k=0}^{k<n} x_k \cdot b^k$$

- Βάση b: τα n ψηφία είναι μεταξύ 0 και $b-1$
- Το πρώτο (πλέον σημαντικό) ψηφίο x_{n-1} είναι μη μηδενικό
- Εξαίρεση για το μηδέν: $n = 1$ και $x_0 = 0$

Αριθμητικά συστήματα (iii)

- Ενδιαφέροντα υπολογιστικά προβλήματα:
- Υπολογισμός αριθμού, δεδομένων των ψηφίων της αναπαράστασής του με βάση b
- Υπολογισμός των ψηφίων της αναπαράστασης ενός αριθμού με βάση b
- Μετατροπή αναπαράστασης ενός αριθμού από ένα σύστημα με βάση b_1 σε ένα άλλο σύστημα με βάση b_2

Αριθμητικά συστήματα (iv)

- Αναπαράσταση αριθμού

```
const int b;        // η βάση
int n;              // το πλήθος των ψηφίων
int digits[42];     // τα ψηφία
```

- Υπολογισμός αριθμού

```
int result = 0, p = 1;

for (int k = 0; k < n; ++k) {
  // Αναλλοίωτη: p = b^k
  result = result + digits[k] * p;
  p = p * b;
}
```

Αριθμητικά συστήματα (v)

- Υπολογισμός ψηφίων αναπαράστασης
- 2024 στο σύστημα με βάση 7;

5	7
5	0

41	7
6	5

289	7
2	41

2024	7
1	289

$$5621_{(7)} = 5 \cdot 7^3 + 6 \cdot 7^2 + 2 \cdot 7^1 + 1 \cdot 7^0$$

Αριθμητικά συστήματα (vi)

- Υπολογισμός ψηφίων αναπαράστασης

```
int number;          // ο δοθείς αριθμός

n = 0;

while (number > 0) {
   digits[n] = number % b;
   n = n + 1;
   number = number / b;
}

if (n == 0) { digits[0] = 0; n = 1; }
```

Από το **PZhelp** στη C++ (i)

- Τύποι δεδομένων
  - Ακέραιοι αριθμοί

    `int` **`char`**
  - Καθορισμός προσήμανσης

    `signed` **`unsigned`**
  - Καθορισμός μεγέθους

    `short` **`long`**
  - Αριθμοί κινητής υποδιαστολής

    `float` **`double`**

Από το **PZhelp** στη C++ (ii)

`char , signed char , unsigned char`
`signed short int , unsigned short int`
`signed int , unsigned int`
`signed long int , unsigned long int`
`float`
`double` (REAL)
`long double`

Με κόκκινο χρώμα όσα μπορούν να παραλειφθούν.

Από το **PZhelp** στη C++ (iii)

- Πρόγραμμα και υποπρογράμματα

```
int main () {
   ...
   // προαιρετικό
   return 0;
}

void p (...)
{ ... }

int f (...)
{ ... }
```

```
PROGRAM {
   ...
}

void p (...)
{ ... }

int f (...)
{ ... }
```

Από το **PZhelp** στη C++ (iv)

- Ανάθεση

```
x += 42;                x = x + 42;
i %= n+1;               i = i % (n+1);

x = y = z = 0;          x = 0; y = 0; z = 0;

y = (x = 17) + 25;      x = 17; y = x + 25;

i++;  /* ή */  ++i;     i = i+1;
i--;  /* ή */  --i;     i = i-1;

i = 3; x = i++;         i = 3; x = i; i = i+1;
i = 3; x = ++i;         i = 3; i = i+1; x = i;

i = i++;  // λάθος!
```

Από το **PZhelp** στη C++ (v)

- Βρόχος for

```
for (i=1; i<=10; i++)
   ...
for (i=8; i>=1; i--)
   ...
for (i=1; i<=10; i+=2)
   ...
```

```
// Στη C++ κανείς δε μας εμποδίζει να γράψουμε αυτό:
// (πολλές κακές ιδέες μαζεμένες...)
n=100; s=1;
for (i=1; i<=n; i+=s) {
   n-=i; s++; if (i+s>n) i=1;
}
```

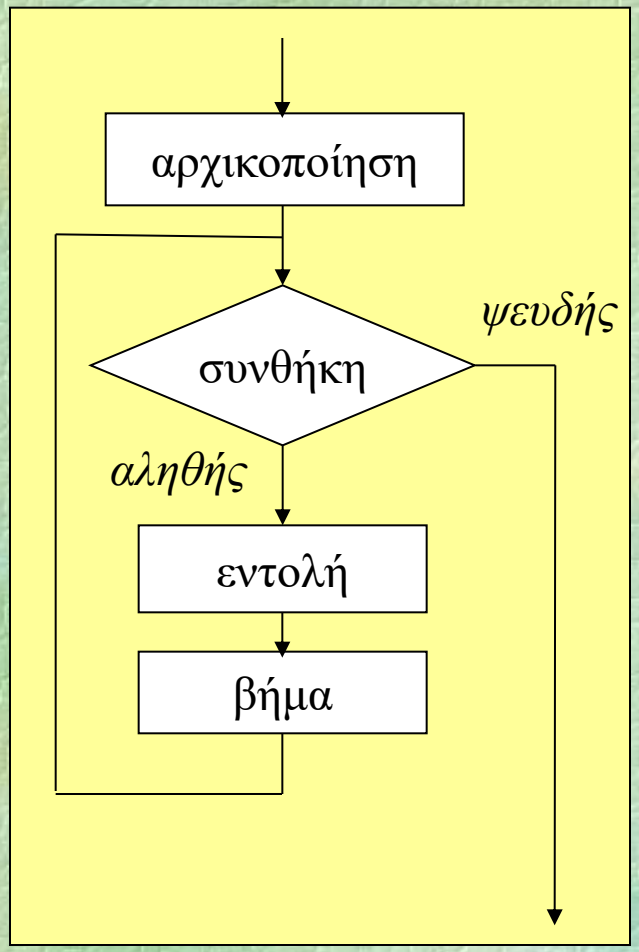
Από το **PZhelp** στη C++ (vi)

- Βρόχος for

```
for (αρχικοποίηση; συνθήκη; βήμα)
   εντολή
```

```
s = 0;
// εσωτερική δήλωση της μεταβλητής i
for (int i=1; i <= 10; i++)
   s += i;

// προσέξτε τον τελεστή , (κόμμα)
int i, s;
for (i=1, s=0; i <= 10; i++)
   s += i;
```



Τελεστής comma – Παράδειγμα

```
/* Comma as separator in the first line
   and as operator in the second line.
   Increases value of a by 2, then assigns
   value of resulting operation a+b into i.
   Results: a = 3, b = 2, c = 3, i = 5 */

   int a = 1, b = 2, c = 3;
   int i = (a+=2, a+b);
```

Από το **PZhelp** στη C++ (vii)

- Έξοδος στην οθόνη στη C++

```
#include <iostream>
using namespace std;
...

cout << "Hello\n";
   /* ή */
cout << "Hello" << endl;

cout << i+1;
cout << i << " " << r;
cout << c;
```

```
WRITELN("Hello");

WRITE(i+1);
WRITE(i, r);
WRITE(c);
```

Από το **PZhelp** στη C++ (viii)

- Είσοδος από το πληκτρολόγιο στη C++

```
#include <iostream>
using namespace std;
...

cin >> i;                          i = READ_INT();
cin >> r;                          r = READ_REAL();

cin >> c;                          c = getchar();
   /* ή */
c = cin.get();

cin.ignore(                        SKIP_LINE();
   numeric_limits<streamsize>::max(),
   '\n');      // τρομακτικό λίγο, έτσι δεν είναι;
```

Από το **PZhelp** στη C++ (ix)

- Έξοδος στην οθόνη στη C++ (και στη C)

```
#include <cstdio>
...

printf("Hello\n");
printf("%d", i+1);
printf("%d %lf", i, r);
printf("%c", c);

printf("%5d", i);
printf("%5.3lf", r);
```

```
WRITELN("Hello");
WRITE(i+1);
WRITE(i, r);
WRITE(c);

WRITE(FORM(i,5));
WRITE(FORM(r,5,3));
```

```
printf("%c %d %c %d\n",
        'a', 97, 97, 'a');
```

```
a 97 a 97
```

Από το **PZhelp** στη C++ (x)

- Είσοδος από το πληκτρολόγιο στη C++ (και στη C)

```
#include <cstdio>
...

scanf("%d", &i);

scanf("%lf", &r);

c = getchar();
  /* ή */
scanf("%c", &c);

while (getchar()!='\n');
```

```
i = READ_INT();

r = READ_REAL();

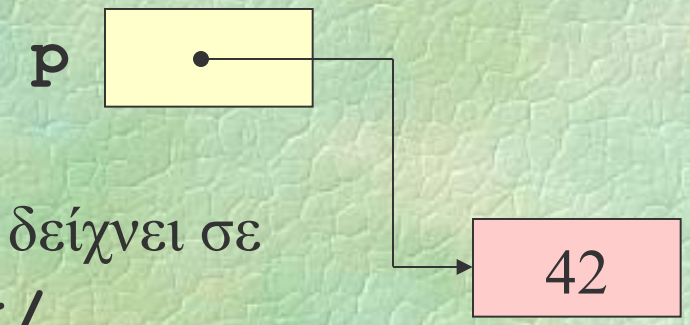
c = getchar();

SKIP_LINE();
```

Δείκτες (i)

- Δείκτης (pointer): η διεύθυνση μιας περιοχής της μνήμης όπου βρίσκεται μια μεταβλητή
- Παράδειγμα

```
int *p;
...
/* ο δείκτης p τοποθετείται να δείχνει σε
   κάποια ακέραια μεταβλητή */
...
*p = 42;
WRITELN(*p + 1);
```



Δείκτες (iii)

Δεικτοδότηση: &

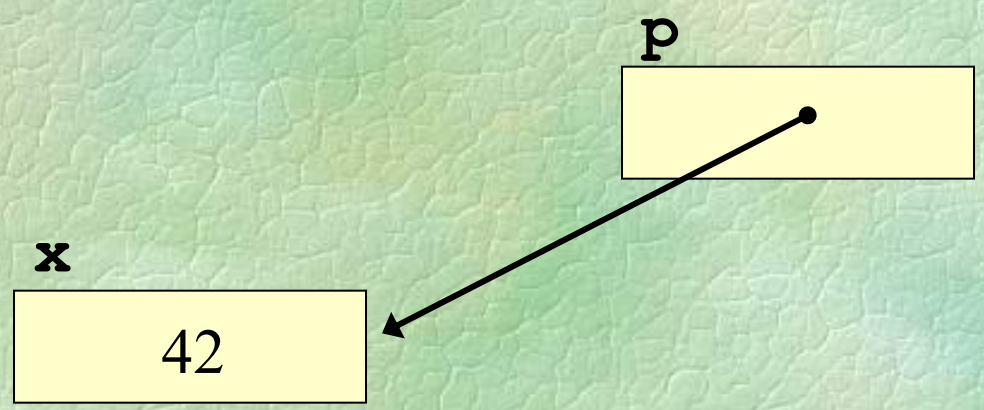
- η διεύθυνση μιας μεταβλητής

```
int x = 17, *p;
p = &x;
```

Αποδεικτοδότηση: *

- το περιεχόμενο μιας διεύθυνσης

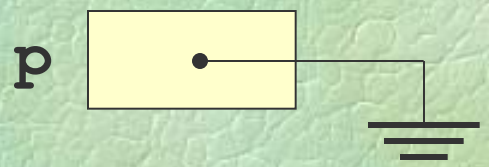
```
WRITELN(*p);
*p = 42;
WRITELN(x);
```



Δείκτες (ii)

- Κενός δείκτης (**`nullptr`** ή **`NULL`**): ειδική τιμή δείκτη που «δε δείχνει πουθενά»
- Παράδειγμα

```
int *p;
...
p = nullptr;
```



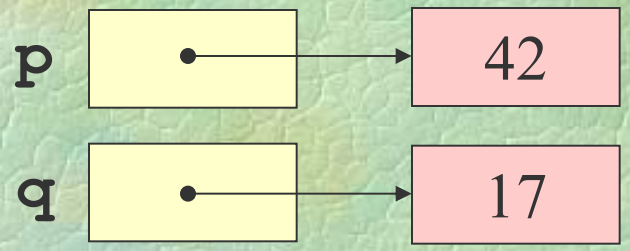
- Απαγορεύεται η προσπέλαση της μνήμης μέσω ενός κενού δείκτη

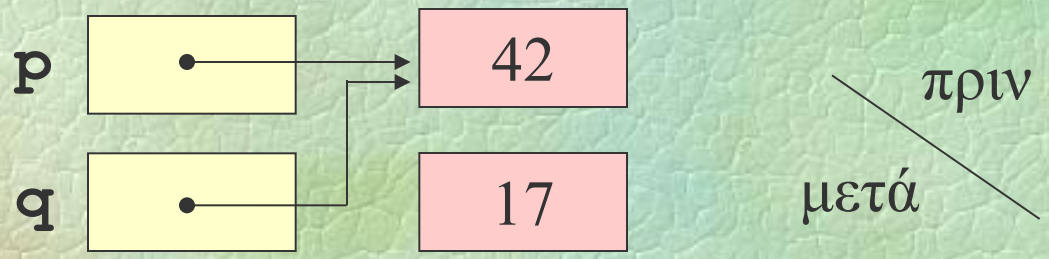
```
p = nullptr;
WRITELN(*p);    // λάθος!
```

Δείκτες και ανάθεση

- Ανάθεση δεικτών

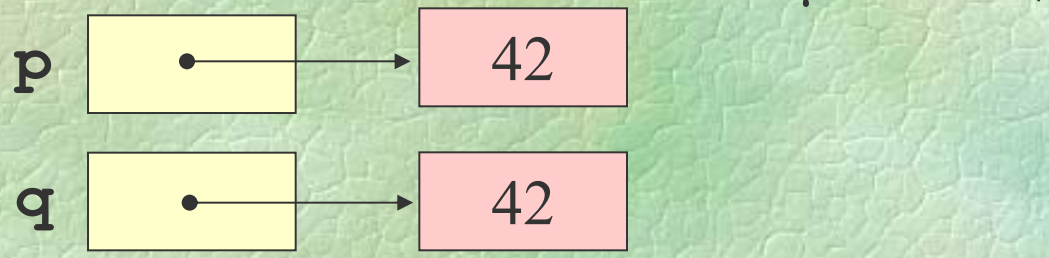
```
q = p;
```





- Ανάθεση περιεχομένων

```
*q = *p;
```



Παράδειγμα με δείκτες

```
PROGRAM { // pointers
   int x = 42, y = 17;
   int *p, *q;

   p = &x; q = &y;

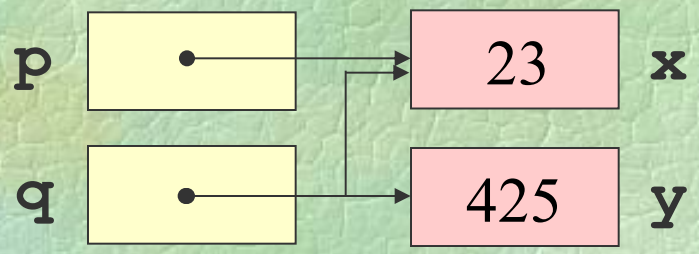
   *p = *p - *q;

   *q = *p *y;

   q = p;

   (*q)++; *p -= 3;

   WRITELN(x, y);
}
```




```
23 425
```

Πέρασμα παραμέτρων με τιμή

```
int gcd (int a, int b);

void normalize (int p, int q) {
  int g = gcd(p, q);
  p /= g;  q /= g;
}

PROGRAM {  // call_by_value
  int x = READ_INT();
  int y = READ_INT();
  normalize(x, y);
  WRITELN(x, y);
}
```

Πέρασμα παραμέτρων με αναφορά

```
int gcd (int a, int b);

void normalize (int &p, int &q) {
  int g = gcd(p, q);
  p /= g;  q /= g;
}

PROGRAM {  // call_by_ref
  int x = READ_INT();
  int y = READ_INT();
  normalize(x, y);
  WRITELN(x, y);
}
```

Δείκτες αντί περάσματος με αναφορά

```
int gcd (int a, int b);

void normalize (int *p, int *q) {
   int g = gcd(*p, *q);
   *p /= g;  *q /= g;
}

int main () {
   int x, y;
   scanf("%d %d", &x, &y);
   normalize(&x, &y);
   printf("%d %d\n", x, y);
   return 0;
}
```

Η C δεν υποστηρίζει πέρασμα με αναφορά!

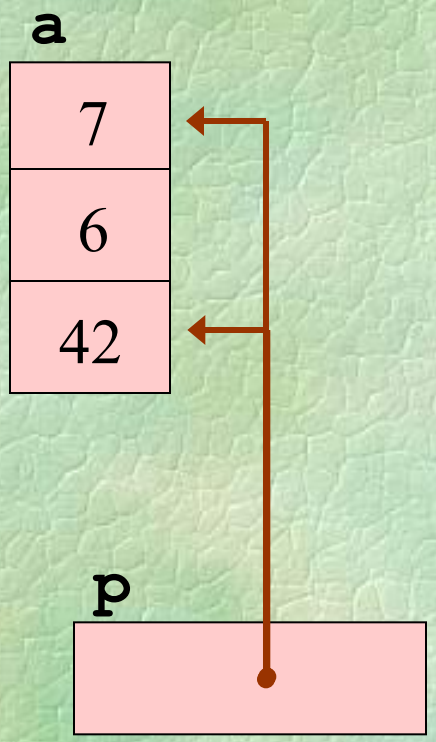
Πίνακες και δείκτες (i)

Αριθμητική δεικτών

```
int a[3] = {7, 6, 42};
int *p;

 p = &(a[0]);
 p = &a;
 p = a;

 WRITELN(*p);
 WRITELN(*(p+1));
 p = p+2;
 WRITELN(*p);
```




```
7
6
42
```

Πίνακες και δείκτες (ii)

Ισοδυναμία πινάκων και δεικτών

- Ένας πίνακας είναι ένας δείκτης στο πρώτο στοιχείο.
- `a[i]` ισοδύναμο με `*(a+i)`
- Οι πίνακες όμως είναι σταθεροί δείκτες, δηλαδή δεν μπορούν να αλλάξουν τιμή

```
int a[3] = {7, 6, 42};
int *p = &a;
p++;   /* σωστό */
a++;   /* λάθος! */
```

Πίνακες και δείκτες (iii)

Συμβολοσειρές

```
char a[15] = "Hello world!", b[15];
// a[12] == '\0'

void strcpy (char *t, char *s) {
  while ((*t++ = *s++) != '\0');
}

int main () {
  strcpy(b, a);
  printf("%s\n", b);
}
```

Πίνακες και δείκτες (iv)

Εκτύπωση συμβολοσειράς

```
void putchar (char c);

void puts (char *p) {
  while (*p != '\0') putchar(*p++);
}

int main () {
▶    char s[] = "Hello world!\n";
▶    puts(s);
▶  }
```

Επεξεργασία κειμένου (i)

- Διάβασμα και επεξεργασία όλων των χαρακτήρων της εισόδου, π.χ. μέτρημα

```
int n = 0;

while (getchar() != EOF) n++;
printf("%d characters were read.\n", n);
```

- Η τιμή **EOF** σημαίνει το τέλος της εισόδου (**Ctrl-D** ή **Ctrl-Z** από το πληκτρολόγιο)

Επεξεργασία κειμένου (ii)

- Π.χ. αντιγραφή της εισόδου στην έξοδο

```
while (true) {
   int c = getchar();
   if (c == EOF) break;
   putchar(c);
}
```

- Η τιμή **EOF** πρέπει να ανατεθεί σε μεταβλητή **int**, όχι **char**! Ισοδύναμα:

```
int c;

while ((c = getchar()) != EOF)
   putchar(c);
```

Επεξεργασία κειμένου (iii)

- Διάβασμα και επεξεργασία όλων των ακεραίων της εισόδου, π.χ. άθροιση

```
int i, sum = 0;
while (true) {
   if (scanf("%d", &i) != 1) break;
   sum += i;
}
```

- Η **scanf** επιστρέφει το πλήθος των στοιχείων που διαβάστηκαν. Ισοδύναμα:

```
int i, sum = 0;
while (scanf("%d", &i) == 1) sum += i;
```

Επεξεργασία κειμένου (iv)

- Παράδειγμα 1: πρόγραμμα που
  - διαβάζει ένα κείμενο από την είσοδο
  - μετράει τον αριθμό των χαρακτήρων και τον αριθμό των γραμμών
  - υπολογίζει το μέσο όρο μήκους γραμμής
- Μετράμε τα `'\n'` και τους υπόλοιπους χαρακτήρες
- Ελέγχουμε για τέλος εισόδου (**EOF**)
- Για το μέσο όρο, κάνουμε διαίρεση!

Επεξεργασία κειμένου (v)

- Παράδειγμα 1

```
int lines = 0, chars = 0;

while (true) {
   int c = getchar();
   if (c == EOF) break;
   if (c == '\n') lines++; else chars++;
}

printf("%d lines were read\n", lines);

if (lines > 0)
   printf("%0.3lf characters per
  line\n",
           1.0 * chars / lines);
```

μετατροπή τύπου (type cast)

- Καλύτερα: `(double) chars`

Επεξεργασία κειμένου (vi)

- Παράδειγμα 2: πρόγραμμα που
  - διαβάζει ένα κείμενο από την είσοδο
  - μετράει τον αριθμό των χαρακτήρων, των λέξεων και των γραμμών
- Τι σημαίνει «λέξη»; Διαδοχικά γράμματα!
- Συνάρτηση για τον εντοπισμό γραμμάτων

```
bool isletter (char c) {
   return c >= 'a' && c <= 'z'
        || c >= 'A' && c <= 'Z';
}
```

Επεξεργασία κειμένου (vii)

- Παράδειγμα 2

```
int c, lines = 0, chars = 0, words = 0;

c = getchar();
while (c != EOF)
  if (isletter(c)) { words++;
    do { chars++; c = getchar(); }
    while (isletter(c));
  }
  else { chars++;
    if (c == '\n') lines++;
    c = getchar();
  }
```

- Έχουμε διαβάσει ένα χαρακτήρα «μπροστά»!

Επεξεργασία κειμένου (viii)

- Παράδειγμα 3: πρόγραμμα που
  - διαβάζει ένα κείμενο από την είσοδο
  - μετράει τις συχνότητες εμφάνισης λέξεων με μήκος από 1 μέχρι 20 γράμματα
- Μέτρηση μήκους λέξης
- Μετρητές λέξεων ανά μήκος: πίνακας!
- Εδώ δε χρειάζεται να ασχοληθούμε με τις αλλαγές γραμμών!

Επεξεργασία κειμένου (ix)

- Παράδειγμα 3

```
int c, freq[21];

for(int i=1; i<=20; i++) freq[i] = 0;

c = getchar();
while (c != EOF)
  if (isletter(c)) {
    int n = 0;
    do { n++; c = getchar(); }
    while (isletter(c));
    if (n <= 20) freq[n]++;
  }
  else c = getchar();
```

Επεξεργασία κειμένου (x)

- Παράδειγμα 3 (συνέχεια)

```
for (int i=1; i<=20; i++)
  printf("%4d words of length %2d\n",
          freq[i], i);
```

- Μετατροπή κεφαλαίων γραμμάτων σε πεζά

```
char tolower (char ch) {
  if (ch >= 'A' && ch <= 'Z')
    return ch - 'A' + 'a';
  else
    return ch;
}
```

Επεξεργασία κειμένου (xi)

- Παράδειγμα 4: πρόγραμμα που
  - διαβάζει ένα κείμενο από την είσοδο
  - γράφει τους χαρακτήρες κάθε γραμμής αντίστροφα
- Αποθήκευση των χαρακτήρων κάθε γραμμής: πίνακας!
- Πρέπει να υποθέσουμε ένα μέγιστο μήκος γραμμής — θα έπρεπε να κάνουμε έλεγχο υπέρβασής του!

Επεξεργασία κειμένου (xii)

- Παράδειγμα 4

```
const int MAX = 80;
int c, line[MAX];

while ((c = getchar()) != EOF) {
  int n = 0;

  while (c != '\n') {
    line[n++] = c; c = getchar();
  }

  for (int i = n-1; i >= 0; i--)
    putchar(line[i]);
  putchar('\n');
}
```

Επεξεργασία κειμένου (xiii)

- Εύρεση εμφάνισης λέξης-κλειδιού

```
...
// η λέξη-κλειδί έχει 3 χαρακτήρες
for (int j = 0; j < 3; j++)
  key[j] = getchar();
...
// έστω i το μήκος της γραμμής
for (int k = 0; k+2 < i; k++)
  if (line[k] == key[0] &&
      line[k+1] == key[1] &&
      line[k+2] == key[2])
    WRITELN("keyword found!");
```

Συμβολοσειρές (i)

- Πίνακες χαρακτήρων `char []`
- Δείκτες σε χαρακτήρα `char *`
- Τελειώνουν με το χαρακτήρα `'\0'`
- Παράδειγμα

```
char name[30];
printf("What's your name?\n");
scanf("%s", name);
printf("Hi %s, how are you?\n", name);
```

Συμβολοσειρές (ii)

- Χρήσιμες συναρτήσεις βιβλιοθήκης

```
#include <cstring>
```

- Μέτρηση μήκους: **strlen**

```
printf("Your name has %d letters.\n",
   strlen(name));
```

- Λεξικογραφική σύγκριση: **strcmp**

```
if (strcmp(name, "John") == 0)
   printf("I knew you were John!\n");
```

- Quiz: `strcmp("ding", "dong") == ?`

Συμβολοσειρές (iii)

- Αντιγραφή: **strcpy**

```
char a[10];
strcpy(a, "ding");
a[1] = 'o';
printf("%s\n", a);    // dong
```

- Συνένωση: **strcat**

```
char a[10] = "abc";
strcat(a, "def");
printf("%s\n", a);    // abcdef
```

Ταξινόμηση (i)

- Πρόβλημα: να αναδιαταχθούν τα στοιχεία ενός πίνακα ακεραίων σε αύξουσα σειρά
- Μια από τις σημαντικότερες εφαρμογές των ηλεκτρονικών υπολογιστών
- Βασική διαδικασία: εναλλαγή τιμών

```
void swap (int &x, int &y) {
  int save;
  save = x; x = y; y = save;
}
```

5	7	2	1	8	3	6	4

1	2	3	4	5	6	7	8

Συγκριτικές Μέθοδοι Ταξινόμησης

- **Αντιμετάθεση** κάθε ζεύγους στοιχείων εκτός διάταξης (bubble sort).
- **Εισαγωγή** στοιχείου σε κατάλληλη θέση ταξινομημένου υποπίνακα (insertion sort).
- **Επιλογή** μεγαλύτερου στοιχείου και τοποθέτηση στο τέλος (selection sort, heapsort).
- **Συγχώνευση** ταξινομημένων πινάκων :
  Διαίρεση στη μέση, ταξινόμηση, συγχώνευση (mergesort).
- **Διαίρεση** σε μικρότερα και μεγαλύτερα από στοιχείο-διαχωρισμού και ταξινόμηση (quicksort).

5	7	2	1	8	3	6	4

Ταξινόμηση (v)

- Μέθοδος της φυσαλίδας (bubble sort)

```
for (i = 0; i < n-1; i++)
  for (j = n-2; j >= i; j--)
    if (a[j] > a[j+1])
      swap(a[j], a[j+1]);
```

- Πλήθος συγκρίσεων

$$(n-1) + (n-2) + \ldots + 2 + 1 = n(n-1)/2$$

της τάξης του n^2 $\Rightarrow O(n^2)$

Ταξινόμηση (vi)

- Παράδειγμα εκτέλεσης ($n = 7$)

input:	12 4 9 8 6 7 5
	12 4 9 8 6 **5** **7**
	12 4 9 8 **5** **6** 7
	12 4 9 **5** **8** 6 7
	12 4 **5** **9** 8 6 7
	12 **4** **5** 9 8 6 7
$i = 0$	**4** **12** 5 9 8 6 7
	4 12 5 9 8 **6** **7**
	4 12 5 9 **6** **8** 7
	4 12 5 **6** **9** 8 7
	4 12 **5** **6** 9 8 7
$i = 1$	4 **5** **12** 6 9 8 7

	4 5 12 6 9 **7** **8**
	4 5 12 6 **7** **9** 8
	4 5 12 **6** **7** 9 8
$i = 2$	4 5 **6** **12** 7 9 8
	4 5 6 12 7 **8** **9**
	4 5 6 12 **7** **8** 9
$i = 3$	4 5 6 **7** **12** 8 9
	4 5 6 7 12 **8** **9**
$i = 4$	4 5 6 7 **8** **12** 9
$i = 5$	4 5 6 7 8 **9** **12**

Ταξινόμηση (vii)

- Βελτίωση με έλεγχο εναλλαγών

```
for (i = 0; i < n-1; i++) {
  bool swaps = false;
  for (j = n-2; j >= i; j--)
    if (a[j] > a[j+1]) {
      swaps = true;
      swap(a[j], a[j+1]);
    }
  if (!swaps) break;
}
```

- Στην καλύτερη περίπτωση απαιτούνται $O(n)$ συγκρίσεις, στη χειρότερη $O(n^2)$

Ταξινόμηση (ii)

- Ταξινόμηση με επιλογή (selection sort)

```
▸ for (int i=0; i<n-1; i++) {
  int minpos=i;
▸   for (int j=i+1; j<n; j++)
      if (a[j] < a[minpos]) minpos = j;
  swap(a[i], a[minpos]);
}
```

- Πλήθος συγκρίσεων;

της τάξης του n^2 $\Rightarrow O(n^2)$

5	7	2	1	8	3	6	4

Ταξινόμηση (iii)

- Ταξινόμηση με εισαγωγή (insertion sort)

```
for (int i=1; i<n; i++) {
  int x = a[i], j = i;
  while (j > 0 && a[j-1] > x) {
    a[j] = a[j-1]; j = j-1;
  }
  a[j] = x;
}
```

5	7	2	1	8	3	6	4	$i = 1$
5	7	2	1	8	3	6	4	$i = 2$
2	5	7	1	8	3	6	4	$i = 3$
1	2	5	7	8	3	6	4	$i = 4$

1	2	5	7	8	3	6	4	$i = 5$
1	2	3	5	7	8	6	4	$i = 6$
1	2	3	5	6	7	8	4	$i = 7$
1	2	3	4	5	6	7	8	

Ταξινόμηση (iv)

- Ταξινόμηση με εισαγωγή (insertion sort)

```
for (int i=1; i<n; i++) {
  int x = a[i], j = i;
  while (j > 0 && a[j-1] > x) {
    a[j] = a[j-1]; j = j-1;
  }
  a[j] = x;
}
```

- Πλήθος συγκρίσεων;

της τάξης του n^2 $\Rightarrow O(n^2)$

Ταξινόμηση (viii)

- Ταξινόμηση με συγχώνευση (merge sort)
  - Διαιρώ την ακολουθία των αριθμών σε δύο μέρη
  - Με αναδρομικές κλήσεις, ταξινομώ τα δύο μέρη ανεξάρτητα
  - Συγχωνεύω τα δύο ταξινομημένα μέρη
- Στη χειρότερη περίπτωση απαιτούνται $O(n \log n)$ συγκρίσεις

Ταξινόμηση (ix)

- Ταξινόμηση με συγχώνευση

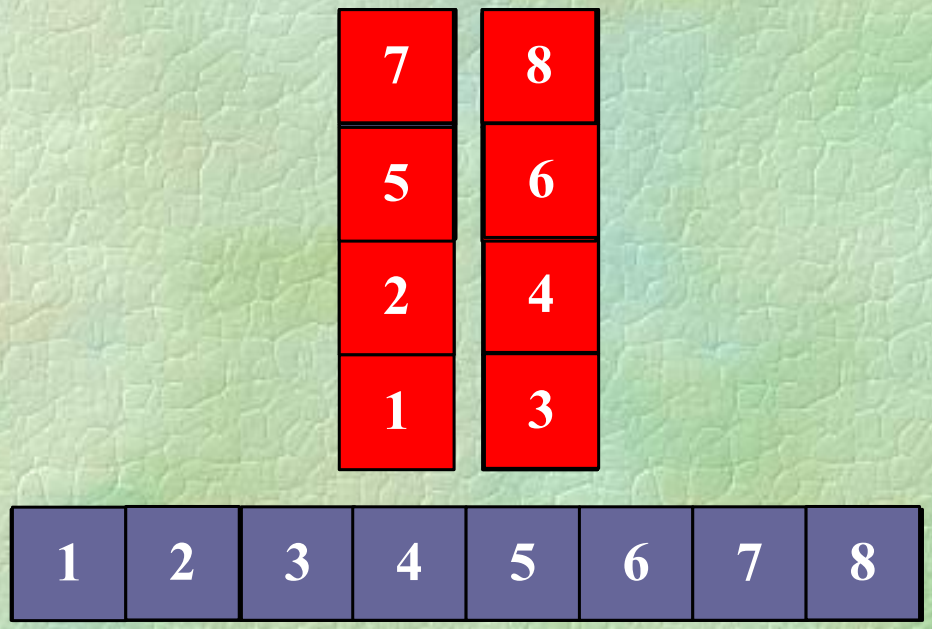
```
void mergesort (int a[], int first,
                         int last) {
   int mid;

   if (first >= last) return;

   mid = (first + last) / 2;
   mergesort(a, first, mid);
   mergesort(a, mid+1, last);
   merge(a, first, mid, last);
}
```

Ταξινόμηση (x)

- Συγχώνευση



Ταξινόμηση (xi)

- Συγχώνευση

```
void merge (int a[], int first,
            int mid, int last) {
  int b[last-first+1];

  int i = first, j = mid+1, k = 0;
  while (i <= mid && j <= last)
    if (a[i] < a[j]) b[k++] = a[i++];
    else             b[k++] = a[j++];

  while (i <= mid)   b[k++] = a[i++];
  while (j <= last)  b[k++] = a[j++];

  for(i=0; i<k; i++) a[first+i] = b[i];
}
```

Ταξινόμηση (xii)

- Διαδοχικές ταξινομήσεις και συγχωνεύσεις

Ταξινόμηση (xiii)

- Ταξινόμηση με συγχώνευση (διαφορετικά)

```
void mergesort (int n, int *a) {
  if (n <= 1) return;
  int mid = n/2;
  mergesort(mid, a);
  mergesort(n-mid, a+mid);
  merge(a, a+mid, a+n);
}
```

Ταξινόμηση (xiv)

- Συγχώνευση (διαφορετικά)

```
void merge (int *first, int *mid,
            int *last) {
  int b[last-first];
  int *i = first, *j = mid, *k = b;

  while (i < mid && j < last)
    if (*i < *j) *k++ = *i++;
    else         *k++ = *j++;

  while (i < mid)  *k++ = *i++;
  while (j < last) *k++ = *j++;

  i = first; j = b;
  while (j < k) *i++ = *j++;
}
```

Ταξινόμηση (xv)

- Ταξινόμηση με διαμέριση (quick sort)

```
void quicksort (int a[], int first,
                int last) {
  int i;

  if (first >= last) return;

  i = partition(a, first, last);
  quicksort(a, first, i);
  quicksort(a, i+1, last);
}
```

Ταξινόμηση (xvi)

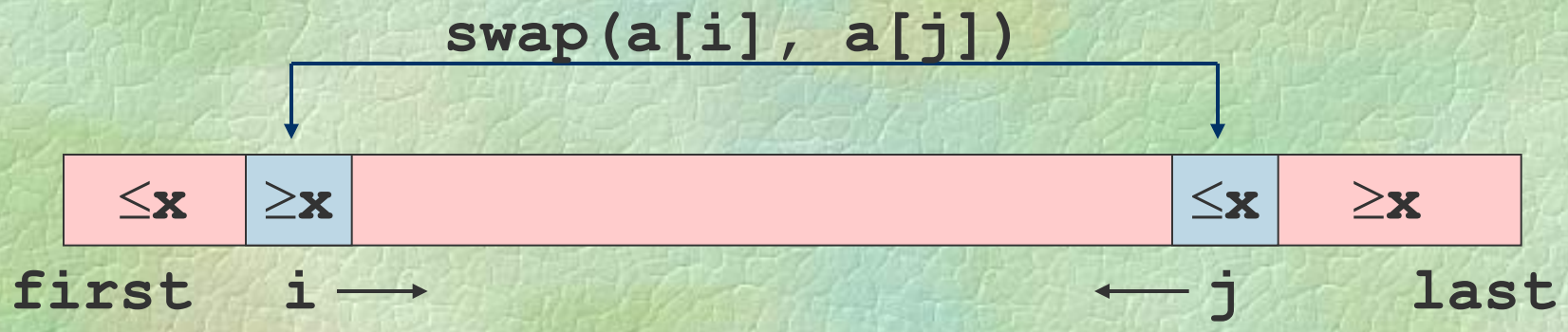
- Διαμέριση (partition)

```
int partition (int a[], int first,
                        int last) {
   // επιλογή ενός στοιχείου – συνήθως από random θέση
   int x = a[(first + last)/2];
   int i = first, j = last;

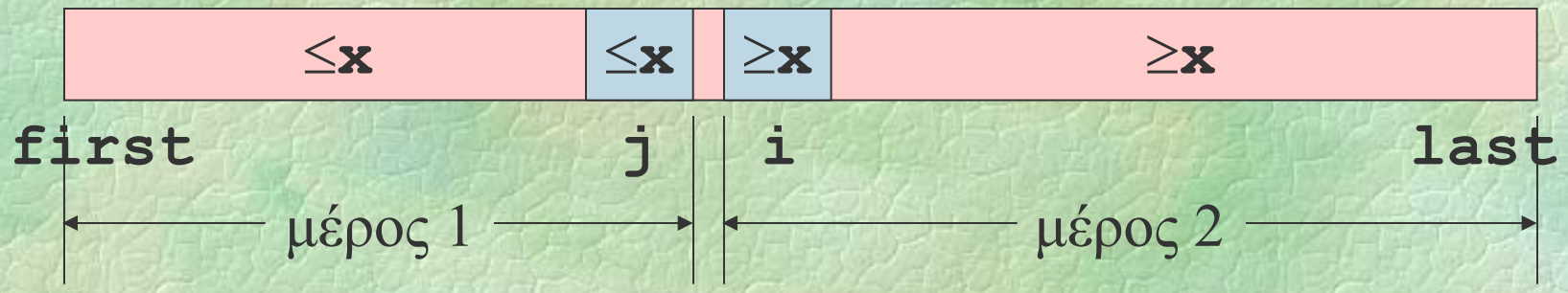
   while (true) {
      while (a[i] < x) i++;
      while (x < a[j]) j--;
      if (i >= j) break;
      swap(a[i], a[j]); i++; j--;
   }
   return j;
}
```

Ταξινόμηση (xvii)

- Σε κάθε βήμα της διαμέρισης

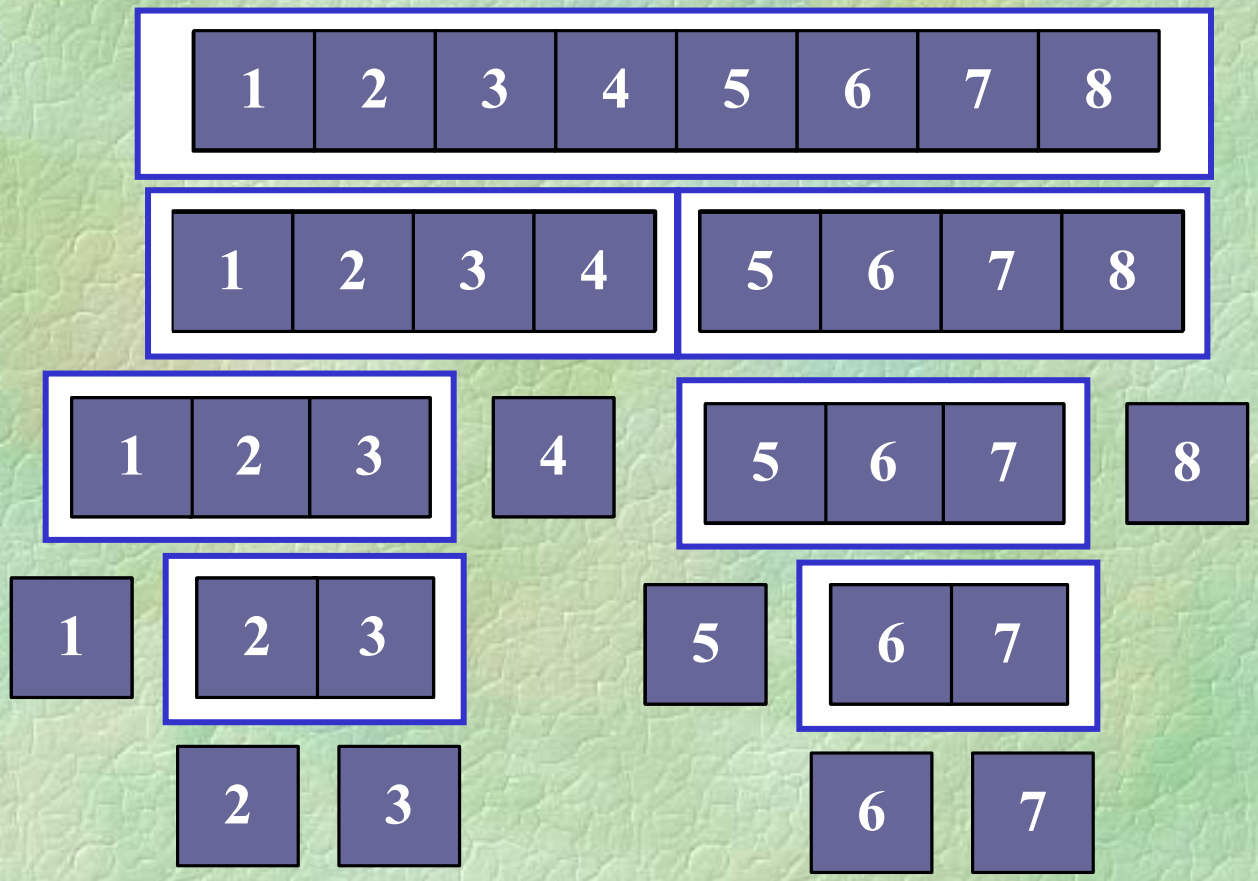


- Μετά τη διαμέριση



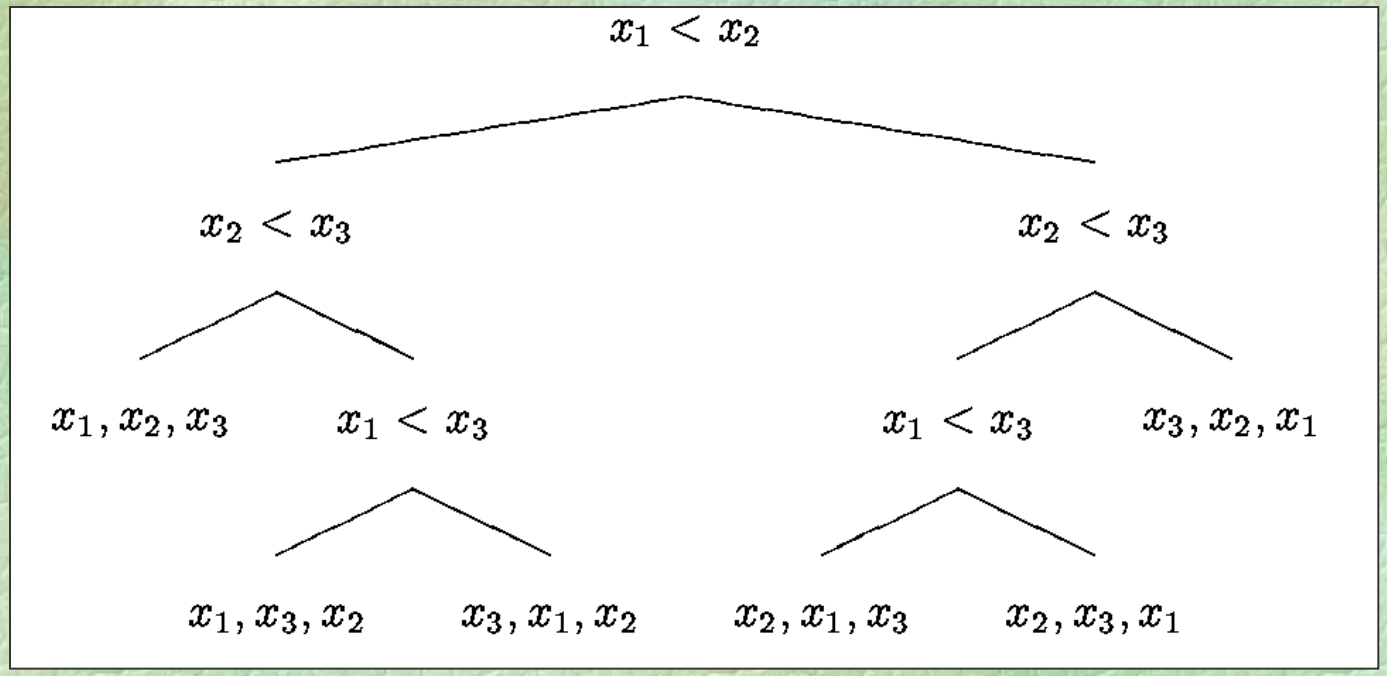
Ταξινόμηση (xviii)

- Διαδοχικές διαμερίσεις και ταξινομήσεις



Ταξινόμηση (xix)

- Οποιοσδήποτε αλγόριθμος ταξινόμησης n αριθμών χρειάζεται τουλάχιστον $O(n \log n)$ συγκρίσεις



Ορθότητα (i)

- Είδη ορθότητας
  - Συντακτική
  - Νοηματική
  - Σημασιολογική
- Σημασιολογική ορθότητα ελέγχεται:
  - με δοκιμές (testing)
  - με μαθηματική επαλήθευση

Ορθότητα (ii)

- Παράδειγμα: εύρεση γινομένου

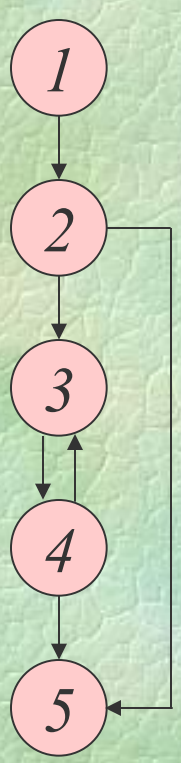
```
int mult (int x, int y) {
   int i, z = 0;
   for (i=1; i<=x; i++) z = z+y;
   return z;
}
```

- Ισχυρισμός:
  - Η συνάρτηση υπολογίζει το γινόμενο δυο φυσικών αριθμών x και y

Ορθότητα (iii)

- Εντοπισμός σημείων όπου θα γραφούν βεβαιώσεις

```
int mult (int x, int y) {
   int i, /*1*/ z = 0; /*2*/
   for (i=1; i<=x; i++)
      /*3*/ z = z+y /*4*/;
   /*5*/ return z;
}
```

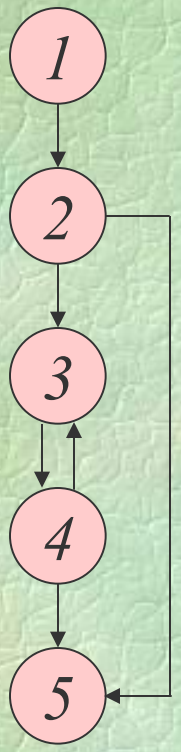


- Καταγραφή όλων των δυνατών τρόπων ροής ελέγχου

Ορθότητα (iv)

- Βεβαιώσεις

```
/*1 – Βεβαίωση εισόδου: x ≥ 0, y ≥ 0 */
z = 0;
/*2 : x ≥ 0, y ≥ 0, z = 0 */
for (i=1; i<=x; i++)
   /*3 – Αναλλοίωτη βρόχου:
            x ≥ 0, y ≥ 0, i ≤ x, z = y * (i-1) */
   z = z+y
   /*4 : x ≥ 0, y ≥ 0, z = y * i */  ;
/*5 – Βεβαίωση εξόδου: x ≥ 0, y ≥ 0, z = y * x */
return z;
```



- Επαλήθευση: για κάθε δυνατό τρόπο ροής

$1 \rightarrow 2$, $2 \rightarrow 3$, $2 \rightarrow 5$, $3 \rightarrow 4$, $4 \rightarrow 3$, $4 \rightarrow 5$

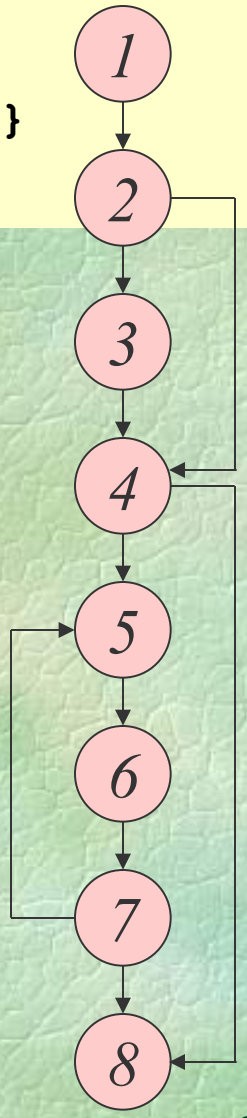
Ορθότητα (v)

- Παράδειγμα: υπολογισμός δύναμης με επαναλαμβανόμενο τετραγωνισμό (Gauss)

```
REAL power (REAL y, int j) {
   /*1*/ REAL x=y, z; int i=j; /*2*/
   if (i<0) { /*3*/ x=1/x; i=abs(i); }
   /*4*/ z=1;
   while (i>0) {
      /*5*/ if (i%2 != 0) z=z*x;
      /*6*/ x=x*x; i=i/2; /*7*/
   }
   /*8*/ return z;
}
```

Ορθότητα

```
REAL power (REAL y, int j) {
  /*1*/ REAL x=y, z; int i=j; /*2*/
  if (i<0) { /*3*/ x=1/x; i=abs(i); }
  /*4*/ z=1;
  while (i>0) {
    /*5*/ if (i%2 != 0) z=z*x;
    /*6*/ x=x*x; i=i/2; /*7*/ }
  /*8*/ return z; }
```



- Ροή ελέγχου
- Βεβαιώσεις

/*1 – Βεβαίωση εισόδου: REAL y, int j */

/*2 : x = y, i = j */

/*3 : i < 0 */

/*4 : i ≥ 0, $y^j = x^i$ */

/*5 – Αναλλοίωτη βρόχου: i ≥ 0, $y^j = z * x^i$ */

/*6 : i ≥ 0, $y^j = z * x^i$ αν i άρτιος,
$y^j = z * x^{i-1}$ αν i περιττός */

/*7 : $y^j = z * x^i$ */

/*8 – Βεβαίωση εξόδου: $y^j = z$ */

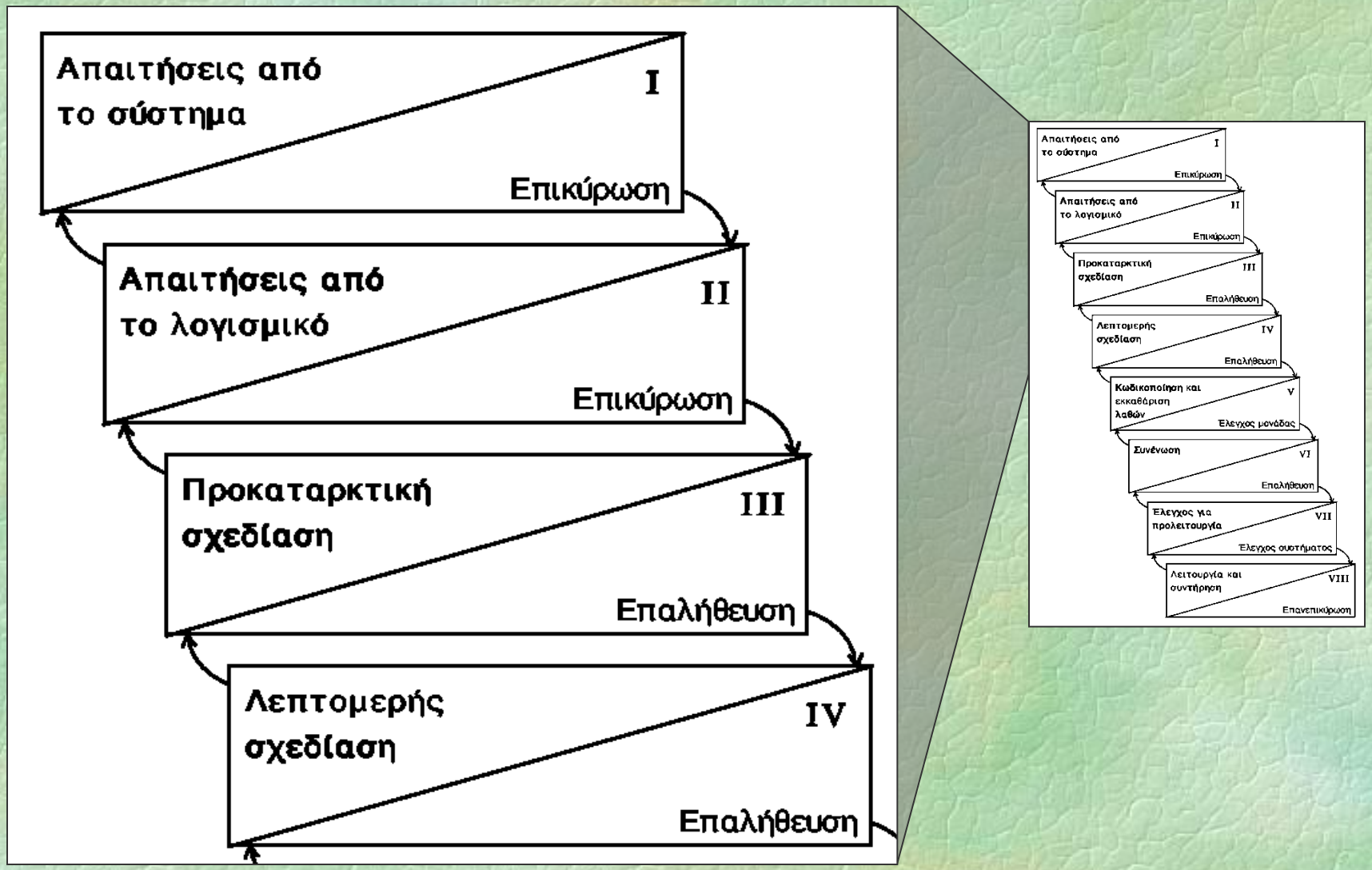
Ορθότητα (vii)

- Μερική ορθότητα (partial correctness)
  - αν το πρόγραμμα σταματήσει, τότε το αποτέλεσμα θα είναι ορθό
- Ολική ορθότητα (total correctness)
  - το πρόγραμμα θα σταματήσει και το αποτέλεσμα θα είναι ορθό

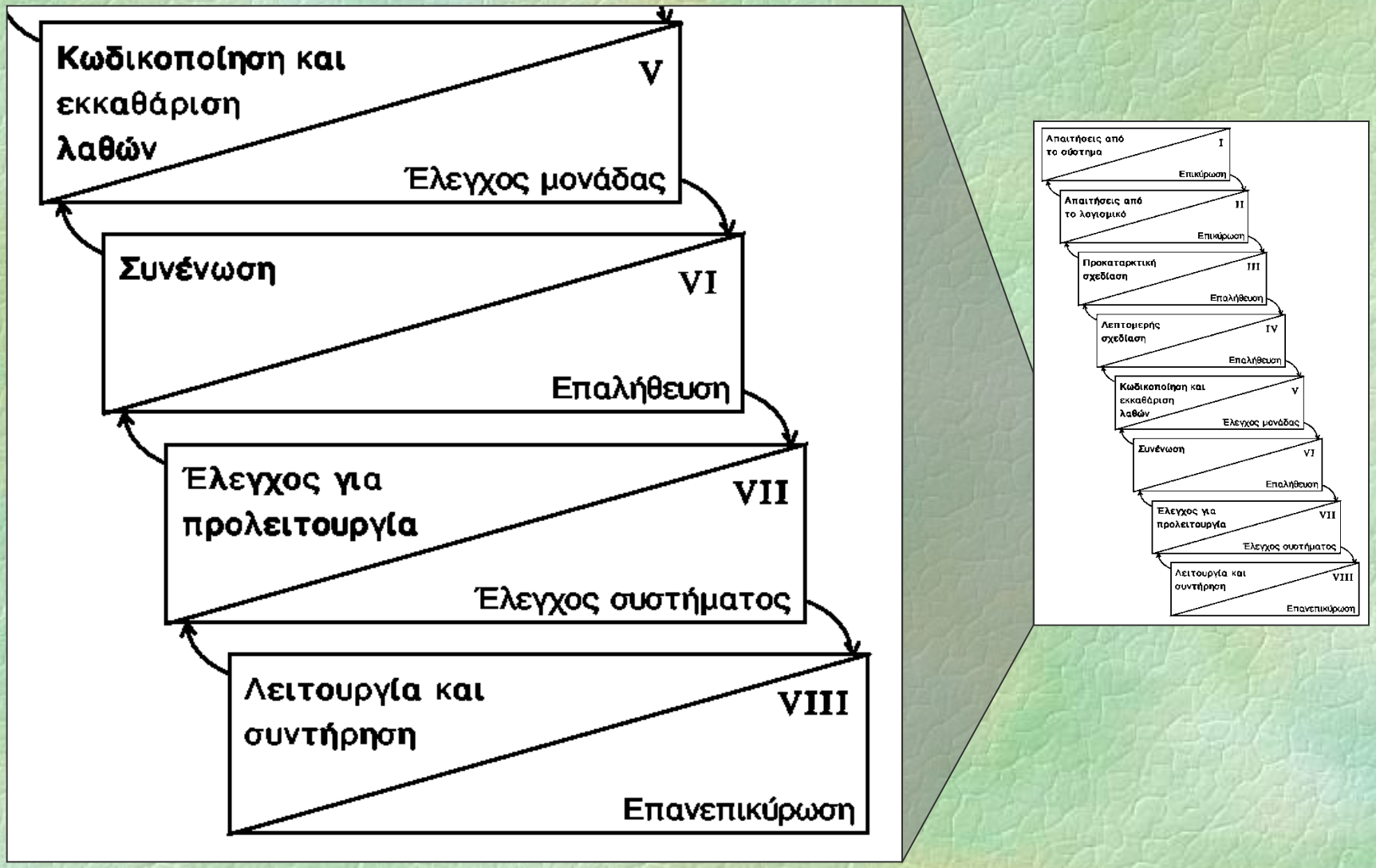
Τεχνολογία λογισμικού

- Software engineering
- Ανάπτυξη λογισμικού που να εξασφαλίζει:
  - παράδοση μέσα σε προδιαγεγραμμένα χρονικά όρια
  - κόστος μέσα σε προδιαγεγραμμένα όρια
  - καλή ποιότητα
  - αξιοπιστία
  - δυνατή και όχι δαπανηρή συντήρηση
- Μοντέλα κύκλου ζωής λογισμικού

Μοντέλο του καταρράκτη (i)

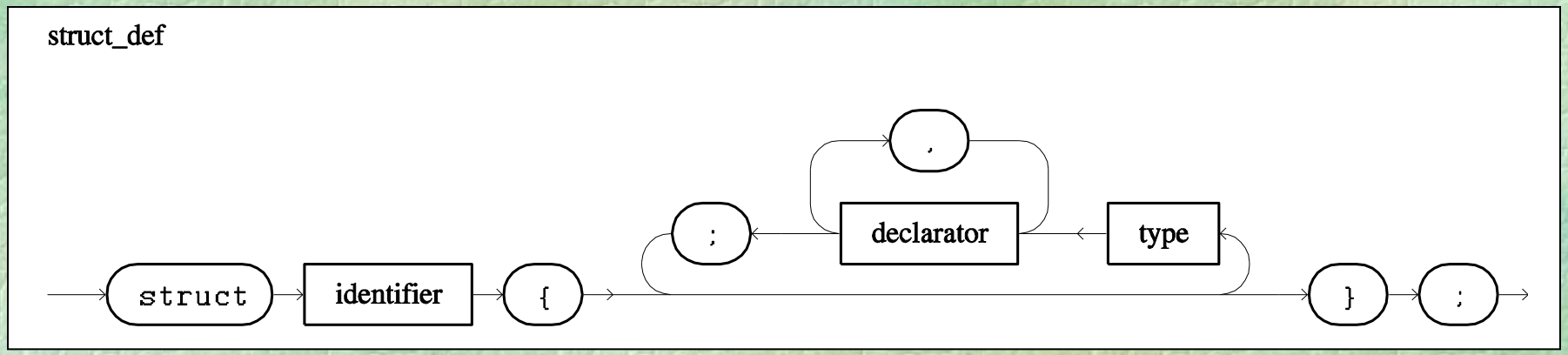


Μοντέλο του καταρράκτη (ii)



Δομές (i)

- Δομή (struct): δομημένη μεταβλητή που αποτελείται από πλήθος επιμέρους μεταβλητών πιθανώς διαφορετικών τύπων
- Οι επιμέρους μεταβλητές λέγονται πεδία και φέρουν ξεχωριστά ονόματα
- Σύνταξη



Δομές (ii)

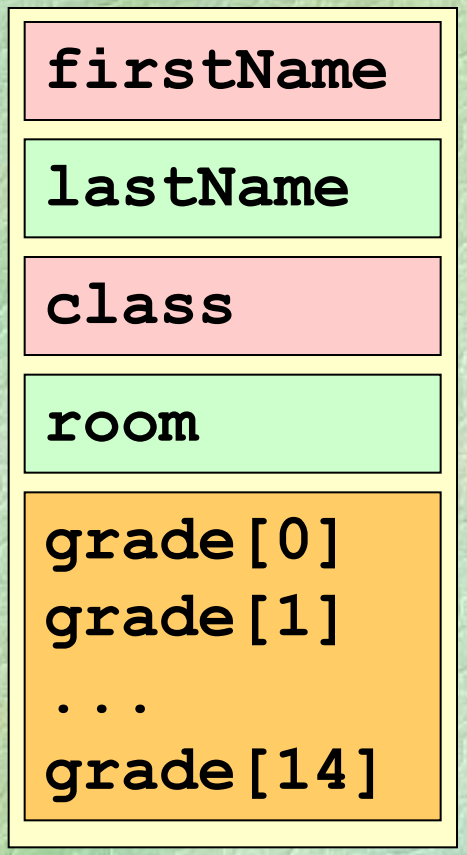
- Παράδειγμα

```
struct student {
   char firstName[20];
   char lastName[30];
   int  class, room;
   int  grade[15];
};

student s;

...

s.class = 3;
WRITELN(s.firstName, s.lastName);
```



Δομές (iii)

- Παράδειγμα: μέσος όρος βαθμολογίας

```
double average (student s) {
  double sum = 0.0;

  for (int i=0; i<15; i++)
      sum += s.grade[i];
  return sum / 15;
}
```

Δομές μέσα σε δομές (iv)

```
struct date {
  int day, month, year;
};

struct student {
   ...
   date birthDate;
   ...
};

...

WRITELN(s.birthDate.day, "/",
        s.birthDate.month, "/",
        s.birthDate.year);
```

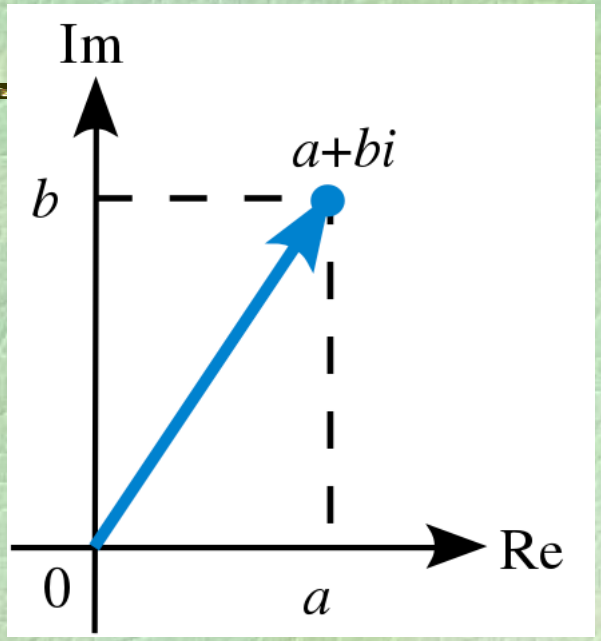
Τι είναι οι μιγαδικοί αριθμοί;

Wikipedia: Στα μαθηματικά, οι μιγαδικοί αριθμοί είναι μία επέκταση του συνόλου των πραγματικών αριθμών με την προσθήκη του στοιχείου ***i***, που λέγεται φανταστική μονάδα, και έχει την ιδιότητα:

$$\boldsymbol{i}^2 = -1$$

Κάθε μιγαδικός αριθμός μπορεί να γραφτεί στη μορφή a + ***i*** b, όπου a, b $\in$ **R**

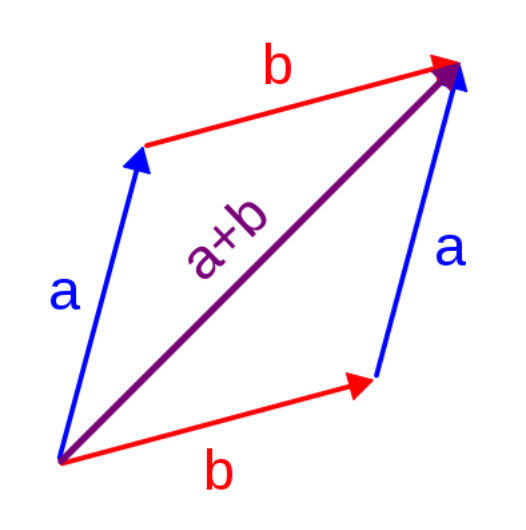
Μιγαδικοί αριθμοί



a: πραγματικό μέρος

b: φανταστικό μέρος

Αριθμητικές πράξεις, π.χ. πρόσθεση



Για περισσότερα, *ρωτήστε το μαθηματικό σας!*

Μιγαδικοί αριθμοί

```
struct complex { double re, im; };

complex cMult(complex x, complex y) {
  complex result;
  result.re = x.re * y.re - x.im * y.im;
  result.im = x.re * y.im + x.im * y.re;
  return result;
}

double cNorm(complex x) {
  return sqrt(x.re * x.re + x.im * x.im);
}
```

Ενώσεις

- Ένωση (union): όπως η δομή αλλά μόνο ένα από τα πεδία χρησιμοποιείται κάθε στιγμή!
- Παράδειγμα

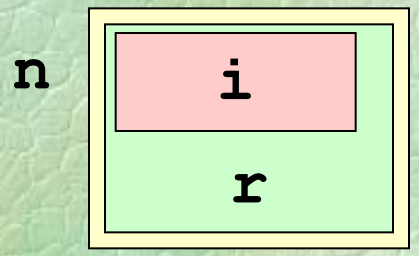
```
union number { int i; double r; };

number n;

n.r = 1.2;
printf("%lf\n", n.r);

n.i = 42;
printf("%d\n", n.i);

printf("%lf\n", n.r);    /* λάθος! */
```



Αρχεία (i)

- Αρχείο (file): αποτελείται από
  - μεταβλητό πλήθος στοιχείων
  - αποθηκευμένων το ένα μετά το άλλο
  - συνήθως στην περιφερειακή μνήμη (π.χ. στο δίσκο)
  - εν γένει περιέχει δυαδικά δεδομένα (binary)
  - ειδική περίπτωση: αρχείο κειμένου
- Παράδειγμα

```
#include <cstdio>
FILE *f;
```

Αρχεία (ii)

- Άνοιγμα και κλείσιμο αρχείου

  `fopen` **`fclose`**

- Διάβασμα και γράψιμο

`fputc`	**`fgetc`**	*χαρακτήρες*
`fputs`	**`fgets`**	*συμβολοσειρές*
`fprintf`	**`fscanf`**	*οτιδήποτε*
`fwrite`	**`fread`**	*ακολουθίες byte*

- Έλεγχος τέλους αρχείου

  `feof`

Αρχεία κειμένου στη C++ (i)

- Παράδειγμα: μέτρηση αριθμού γραμμών και χαρακτήρων πολλών αρχείων που ονομάζονται στη γραμμή εντολών

```
#include <cstdio>

int main (int argc, char *argv[]) {

   for (int i=1; i<argc; i++)
      // επεξεργασία του αρχείου argv[i]
}
```

Αρχεία κειμένου στη C++ (ii)

- Παράδειγμα (συνέχεια)

```
// επεξεργασία του αρχείου argv[i]

FILE *f;
int chars = 0, lines = 0, c;

if ((f = fopen(argv[i], "rt")) ==
  nullptr)
   return 1;

while ((c = fgetc(f)) != EOF) {
   chars++;
   if (c == '\n') lines++;
}
fclose(f);
printf("%d chars, %d lines, %s\n",
        chars, lines, argv[i]);
```

Δυαδικά αρχεία στη C++ (i)

- Παράδειγμα: αντιγραφή δυαδικών αρχείων

```
#include <cstdio>

int main (int argc, char * argv[]) {
   FILE *fin, *fout;

   fin = fopen(argv[1], "rb");
   if (fin == nullptr) return 1;

   fout = fopen(argv[2], "wb");
   if (fout == nullptr) return 2;
```

Δυαδικά αρχεία στη C++ (ii)

- Παράδειγμα (συνέχεια)

```
▶    while (!feof(fin)) {
▶       unsigned char buffer[1000];
▶       unsigned int count;

▶       count = fread(buffer, 1, 1000,
   fin);
▶       fwrite(buffer, 1, count, fout);
▶    }

▶    fclose(fin);
▶    fclose(fout);
▶  }
```

Πολυπλοκότητα (i)

- Κόστος της εκτέλεσης ενός αλγορίθμου που επιλύει κάποιο πρόβλημα, συναρτήσει του μεγέθους του προβλήματος
  - χρόνος: αριθμός υπολογιστικών βημάτων
  - χώρος: απαιτούμενο μέγεθος μνήμης
- Συναρτήσεις πολυπλοκότητας
  - θετικές και αύξουσες
  - π.χ. $f(n) = n(n-1)/2$

Πολυπλοκότητα (ii)

- Άνω φράγμα: O

  $O(f) = \{ g \mid \exists c.\ \exists n_0.\ \forall n > n_0.\ g(n) < c\, f(n) \}$

- Κάτω φράγμα: Ω

  $\Omega(f) = \{ g \mid \exists c.\ \exists n_0.\ \forall n > n_0.\ g(n) > c\, f(n) \}$

- Τάξη μεγέθους: Θ

  $\Theta(f) = \{ g \mid \exists c_1, c_2.\ \exists n_0.\ \forall n > n_0.$
  $c_1 < g(n) / f(n) < c_2 \}$

  - Γράφουμε $g = O(f)$ αντί $g \in O(f)$
  - π.χ. $5n^2 + 4n - 2n \log n + 7 = \Theta(n^2)$

Πολυπλοκότητα (iii)

$$O(1) < O(\alpha(n)) < O(\log^* n) < O(\log n) < O(\sqrt{n})$$
$$< O(n) < O(n \log n)$$
$$< O(n^2) < O(n^2 \log^5 n)$$
$$< O(n^3) < \ldots < \text{Poly}$$
$$< O(2^n) < O(n!) < O(n^n)$$
$$< O(2\text{^^}n) < \ldots < O(A(n))$$

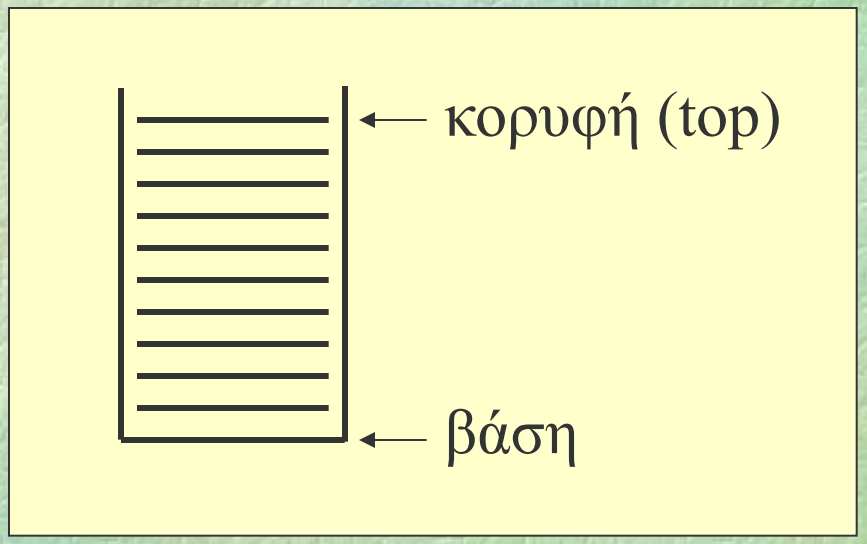
Poly = $n^{O(1)}$

$2\text{^^}n$ η υπερεκθετική συνάρτηση: $2^{2^{2^{\cdot^{\cdot^{\cdot^{2}}}}}}$ (n φορές) και $\log^* n$ η αντίστροφή της

- $A(n)$ η συνάρτηση Ackermann και $\alpha(n)$ η αντίστροφή της

Στοίβες (i)

- Last In First Out (LIFO)
  ό,τι μπαίνει τελευταίο, βγαίνει πρώτο



Στοίβες (ii)

- Αφηρημένος τύπος δεδομένων
  - **`stack`**: υλοποιεί τη στοίβα (ακεραίων αριθμών)
  - Ορίζονται οι απαραίτητες πράξεις:
    - **`(stack)`** δημιουργεί μια άδεια στοίβα
    - **`empty`** ελέγχει αν μια στοίβα είναι άδεια
    - **`push`** προσθήκη στοιχείου στην κορυφή
    - **`pop`** αφαίρεση στοιχείου από την κορυφή

- Ο τρόπος υλοποίησης των παραπάνω δεν ενδιαφέρει αυτούς που θα τα χρησιμοποιήσουν
- Τέτοιοι τύποι λέγονται αφηρημένοι (ΑΤΔ)

Στοίβες (iii)

- Αντικείμενα (objects) στη C++
  Υλοποίηση στοίβας με πίνακα

```
class stack {
public:
   stack ();
   bool empty ();
   void push (int x);
   int pop ();
private:
   const int size = 100;
   int data[size];
   int top;
};
```

κατασκευαστής (constructor)

μέθοδοι (methods)

πεδία (fields)
όπως στο struct

Στοίβες (iv)

- Παράδειγμα χρήσης

```
PROGRAM {   // stack_demo

   stack s;   // καλείται ο κατασκευαστής

   for (int i = 1; i <= 10; i++)
      s.push(i);

   while (!s.empty())
     WRITELN(s.pop());
}
```

Στοίβες (v)

- Κατασκευή άδειας στοίβας

```
stack::stack () {
  top = 0;
}
```

- Έλεγχος αν μια στοίβα είναι άδεια

```
bool stack::empty () {
  return top == 0;
}
```

Στοίβες (vi)

- Προσθήκη στοιχείου

```
void stack::push (int x) {
  data[top++] = x;
}
```

- Αφαίρεση στοιχείου

```
int stack::pop () {
  return data[--top];
}
```

Διαχείριση της μνήμης (i)

- Στατικές μεταβλητές: γενικές ή τοπικές
  - ο χώρος στη μνήμη όπου τοποθετούνται δεσμεύεται κάθε φορά που καλείται η ενότητα όπου δηλώνονται και αποδεσμεύεται στο τέλος της κλήσης
- Δυναμικές μεταβλητές
  - ο χώρος στη μνήμη όπου τοποθετούνται δεσμεύεται και αποδεσμεύεται δυναμικά, δηλαδή με φροντίδα του προγραμματιστή
  - η προσπέλαση σε δυναμικές μεταβλητές γίνεται με τη χρήση δεικτών (pointers)

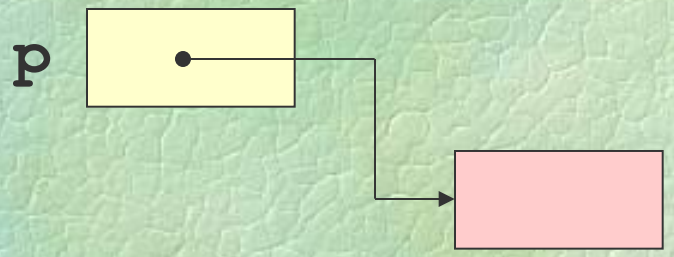
Διαχείριση της μνήμης (ii)

- Με τη βοήθεια των δυναμικών μεταβλητών υλοποιούνται δυναμικοί τύποι δεδομένων
  - συνδεδεμένες λίστες,
  - δέντρα, γράφοι, κ.λπ.
- Πλεονεκτήματα των δυναμικών τύπων
  - μπορούν να περιέχουν απεριόριστο πλήθος στοιχείων (αν το επιτρέπει η διαθέσιμη μνήμη)
  - κάποιες πράξεις υλοποιούνται αποδοτικότερα (π.χ. προσθήκη και διαγραφή στοιχείων σε ενδιάμεση θέση)

Δυναμική παραχώρηση μνήμης (i)

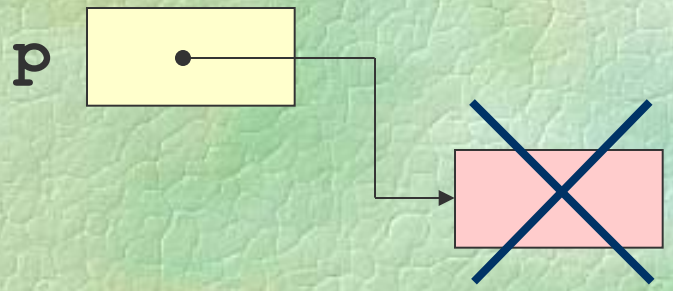
- Δέσμευση (C++)
  - δημιουργία μιας νέας δυναμικής μεταβλητής

```
int *p;
...
p = new int;
```



- Αποδέσμευση
  - καταστροφή μιας δυναμικής μεταβλητής

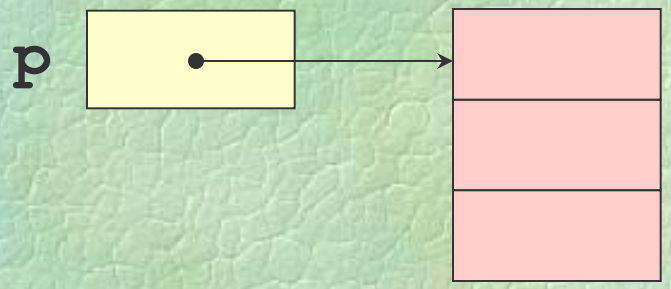
```
delete p;
```



Δυναμική παραχώρηση μνήμης (ii)

- Δέσμευση
  - δημιουργία πίνακα μεταβλητού μεγέθους

```
int *p, n;
...
n = 3;
p = new int[n];
```




```
// αν δεν υπάρχει αρκετή μνήμη, προκύπτει εξαίρεση
// σε αυτό το μάθημα δε θα μιλήσουμε για εξαιρέσεις στη C++
```

- Αποδέσμευση

```
delete [] p;
```

Δυναμική παραχώρηση μνήμης (iii)

- Δέσμευση και αποδέσμευση σε C

```
#include <stdlib.h>

int *p;
...

p = (int *) malloc(42 * sizeof(int));
if (p == NULL) {
  printf("Out of memory!\n");
  exit(1);
}
...
free(p);
```

```
p = new int[42];
...
delete [] p;
```

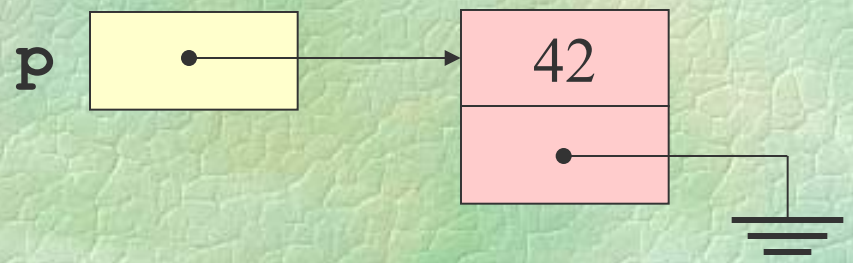
Σύνθετες δυναμικές μεταβλητές (i)

- Παράδειγμα

```
struct thing {
   int num;
   int *ptr;
};

thing *p;

p = new thing;
p->num = 42;
p->ptr = nullptr;
```



p->something ισοδύναμο με **(*p).something**

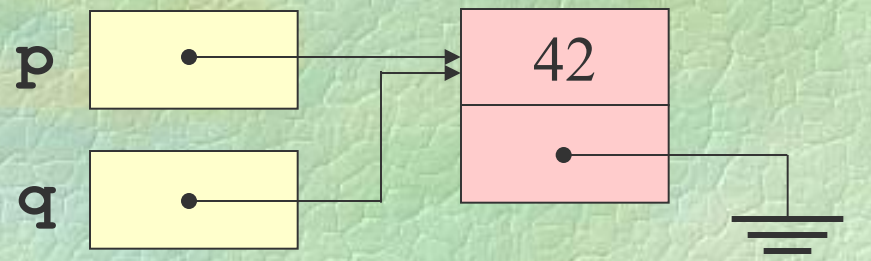
Σύνθετες δυναμικές μεταβλητές (ii)

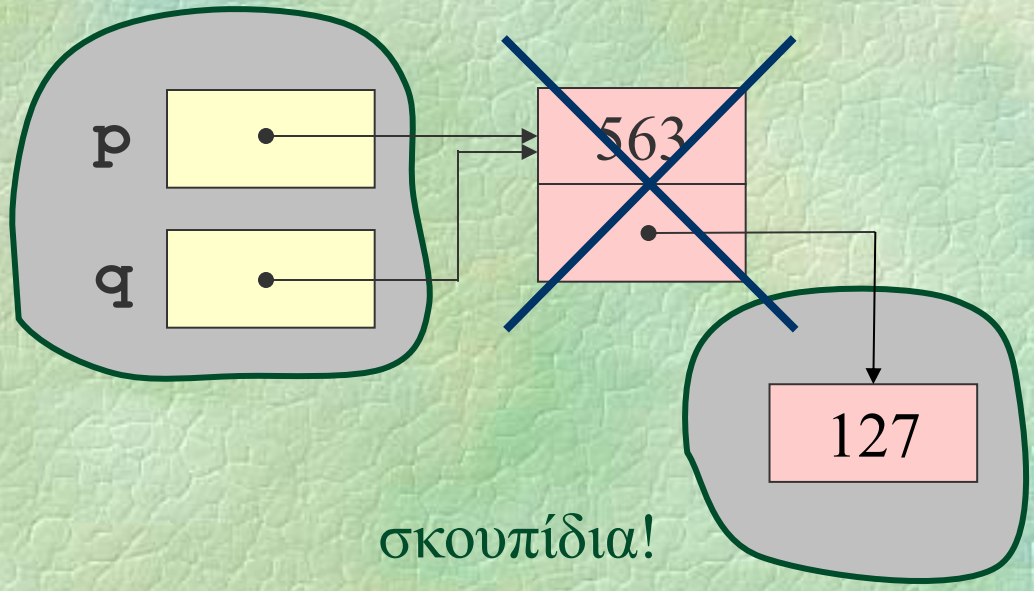
- Παράδειγμα (συνέχεια)

```
q = p;

q->num = 563;
q->ptr = new int;
*(q->ptr) = 127;

delete p;
```



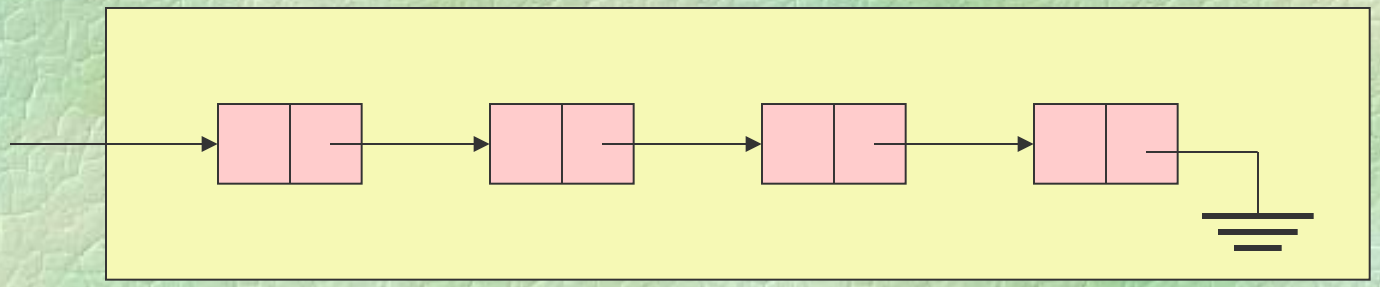


ξεκρέμαστοι δείκτες!

σκουπίδια!

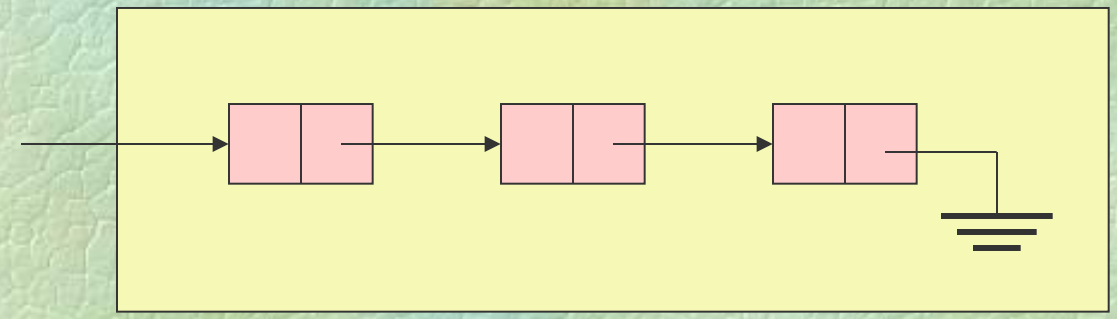
Συνδεδεμένες λίστες (i)

- Είναι γραμμικές διατάξεις
- Κάθε κόμβος περιέχει:
  - κάποια πληροφορία
  - ένα σύνδεσμο στον επόμενο κόμβο
- Ο τελευταίος κόμβος έχει κενό σύνδεσμο

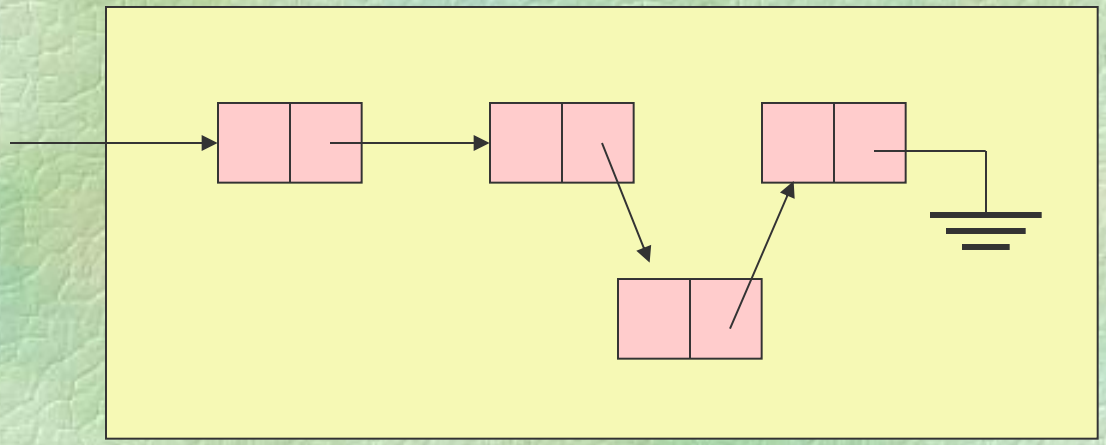


Συνδεδεμένες λίστες (ii)

- Ευκολότερη προσθήκη στοιχείων
  - πριν

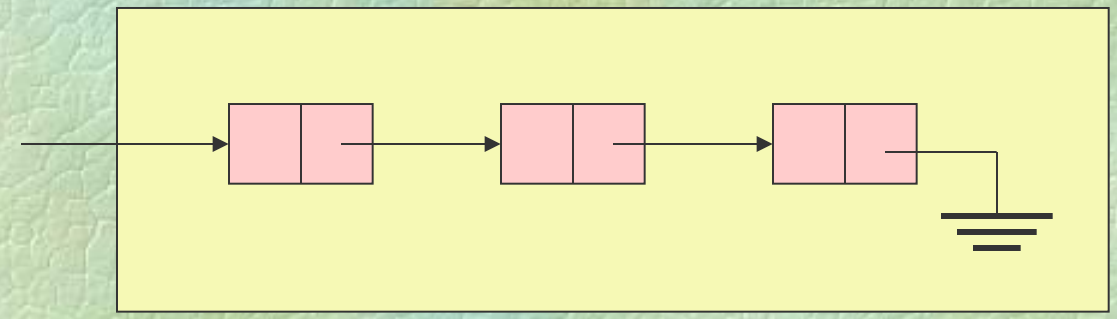


  - μετά

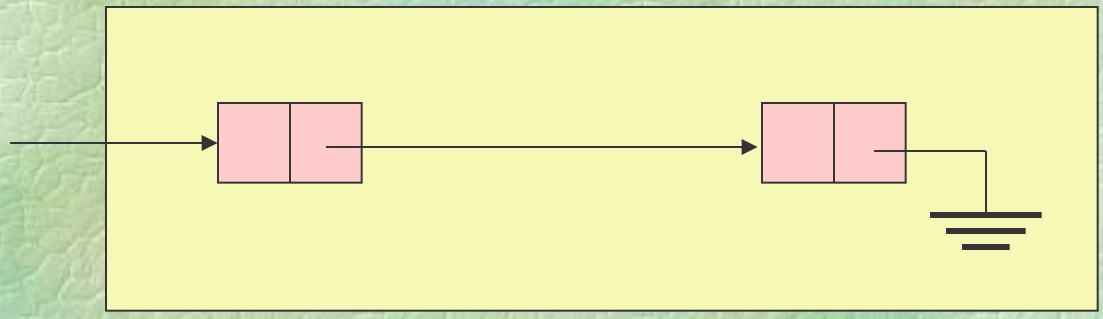


Συνδεδεμένες λίστες (iii)

- Ευκολότερη διαγραφή στοιχείων
  - πριν



  - μετά



Συνδεδεμένες λίστες (iv)

- Τύπος κόμβου συνδεδεμένης λίστας

```
struct node {
  int info;
  node *next;
};
```

← αυτοαναφορά!

- Μια συνδεδεμένη λίστα παριστάνεται συνήθως με ένα δείκτη στο πρώτο της στοιχείο
  - `node *head;`

Συνδεδεμένες λίστες (v)

- Παράδειγμα κατασκευής λίστας

```
node* readListReversed () {
  node *head = nullptr, *n;
  int data;

  while (scanf("%d", &data) == 1) {
    n = new node;
    n->info = data;
    n->next = head;
    head = n;
  }
  return head;
}
```

Συνδεδεμένες λίστες (vi)

- Εκτύπωση λίστας

```
void print (node *p) {
  while (p != nullptr) {
    WRITELN(p->info);
    p = p->next;
  }
}
```

- Ισοδύναμα (για να μη «χαθεί» η αρχή **p**):

```
for (node *q = p; q != nullptr;
     q = q->next)
  WRITELN(q->info);
```

Συνδεδεμένες λίστες (vii)

- Εκτύπωση λίστας με αναδρομή

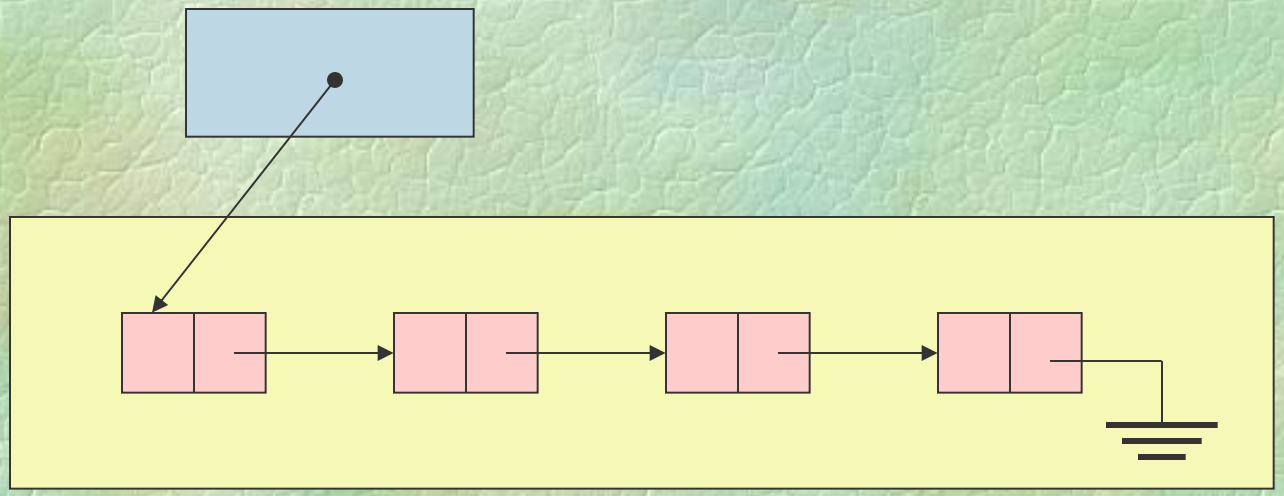
```
void print (node *p) {
  if (p != nullptr) { WRITELN(p->info);
                      print(p->next);
                    }
}
```

- Εκτύπωση λίστας αντίστροφα με αναδρομή

```
void printBack (node *p) {
  if (p != nullptr) { printBack(p-
  >next);
                      WRITELN(p->info);
                    }
}
```

Στοίβες (ξανά) (i)

- Υλοποίηση με απλά συνδεδεμένη λίστα



Στοίβες (ξανά) (ii)

- Υλοποίηση με απλά συνδεδεμένη λίστα

```
class stack {
public:
   stack ();
   bool empty ();
   void push (int x);
   int pop ();
private:
   struct node {
      int info;
      node *next;
   };
   node *head;
};
```

ίδια όπως πριν!

Στοίβες (ξανά) (iii)

- Κατασκευή άδειας στοίβας

```
stack::stack () {
  head = nullptr;
}
```

- Έλεγχος αν μια στοίβα είναι άδεια

```
bool stack::empty () {
  return head == nullptr;
}
```

Στοίβες (ξανά) (iv)

- Προσθήκη στοιχείου

```
void stack::push (int x) {
  node *p = new node;
  p->info = x;
  p->next = head;
  head = p;
}
```

Στοίβες (ξανά) (v)

- Αφαίρεση στοιχείου

```
int stack::pop () {
  node *p = head;
  int result = head->info;
  head = head->next;
  delete p;
  return result;
}
```

Στοίβες (ξανά) (vi)

- Παράδειγμα χρήσης

```
PROGRAM {   // stack_demo

   stack s;   // καλείται ο κατασκευαστής

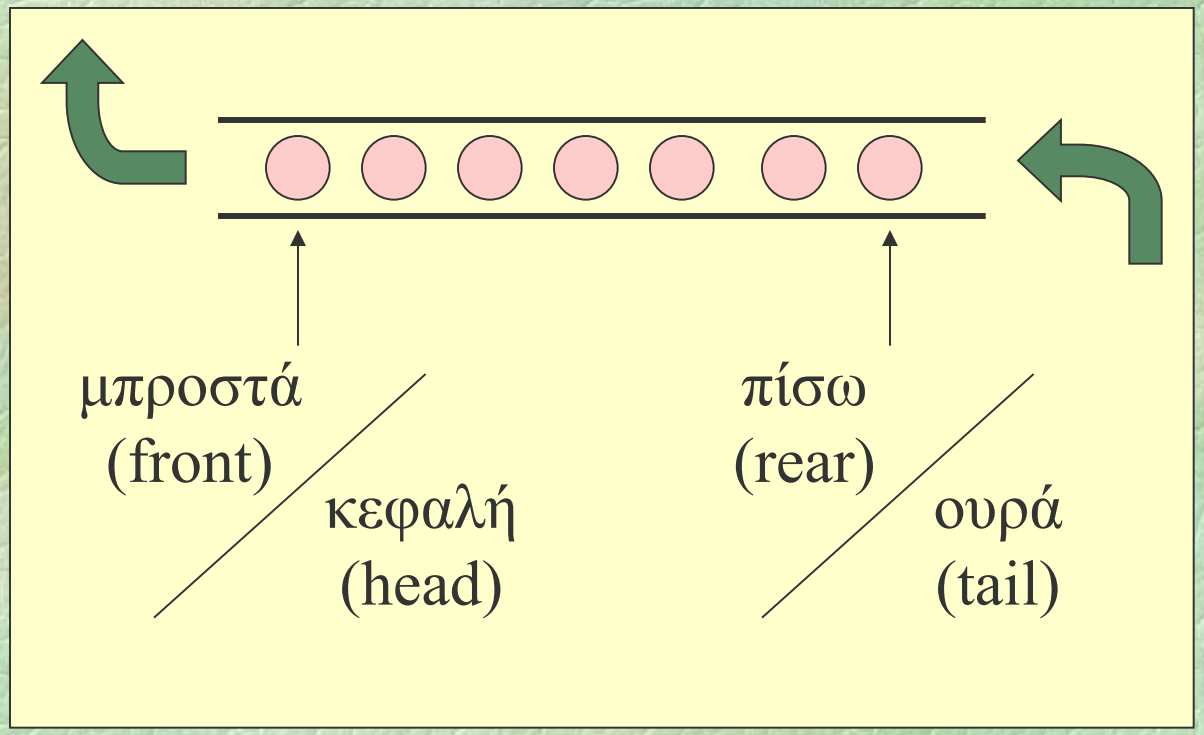
   for (int i = 1; i <= 10; i++)
      s.push(i);

   while (!s.empty())
     WRITELN(s.pop());
}
```

Δεν άλλαξε τίποτα!

Ουρές (i)

- First In First Out (FIFO)
  ό,τι μπαίνει πρώτο, βγαίνει πρώτο

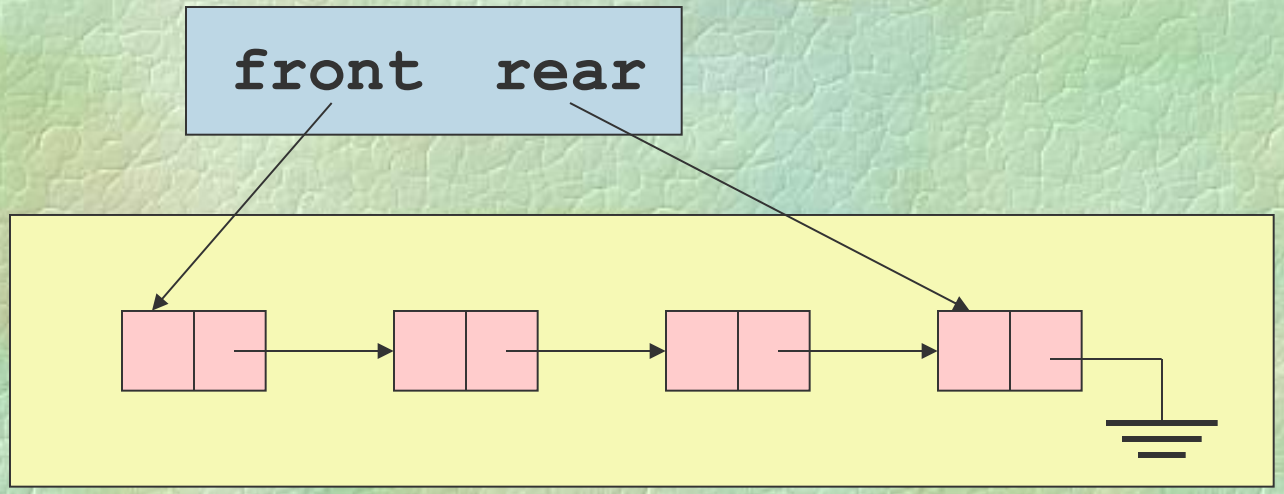


Ουρές (ii)

- Αφηρημένος τύπος δεδομένων
  - Ορίζεται ο τύπος **`queue`** που υλοποιεί την ουρά (ακεραίων αριθμών)
  - Ορίζονται οι απαραίτητες πράξεις:
    - **`(queue)`** δημιουργεί μια άδεια ουρά
    - **`empty`** ελέγχει αν μια ουρά είναι άδεια
    - **`enqueue`** προσθήκη στοιχείου στο τέλος
    - **`dequeue`** αφαίρεση στοιχείου από την αρχή

Ουρές (iii)

- Υλοποίηση με απλά συνδεδεμένη λίστα



Ουρές (iv)

- Υλοποίηση με απλά συνδεδεμένη λίστα

```
class queue {
public:
   queue ();
   bool empty ();
   void enqueue (int x);
   int dequeue ();
private:
   struct node {
      int info;
      node *next;
   };
   node *front, *rear;
};
```

Ουρές (v)

- Κατασκευή άδειας ουράς

```
queue::queue () {
  front = rear = nullptr;
}
```

- Έλεγχος αν μια ουρά είναι άδεια

```
bool queue::empty () {
  return front == nullptr;
}
```

Ουρές (vi)

- Προσθήκη στοιχείου

```
void queue::enqueue (int x) {
  node *p = new node;
  p->info = x;
  p->next = nullptr;
  if (front == nullptr)
    front = p;
  else
    rear->next = p;
  rear = p;
}
```

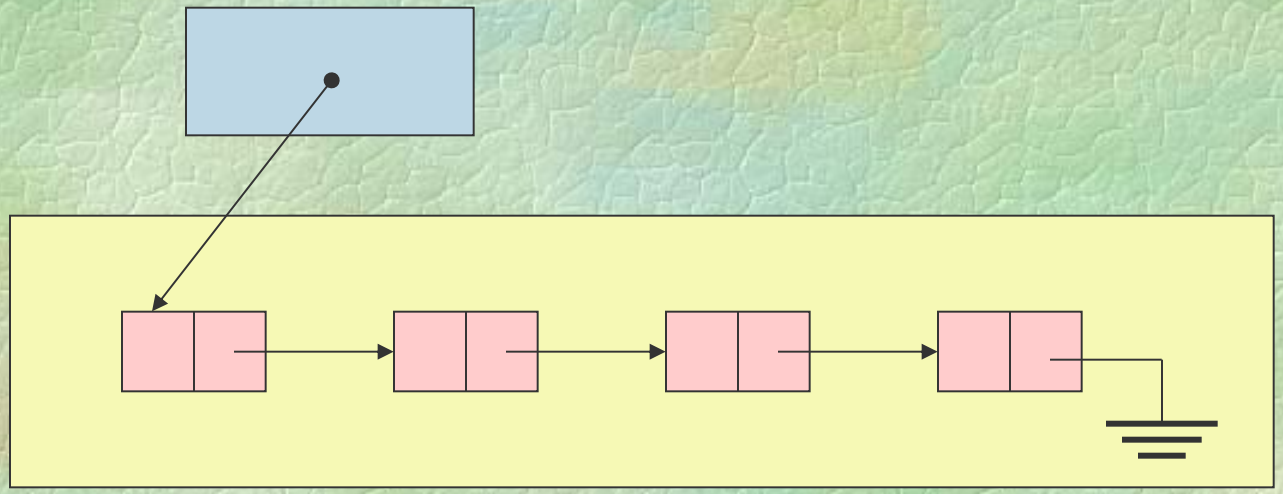
Ουρές (vii)

- Αφαίρεση στοιχείου

```
int queue::dequeue () {
  node *p = front;
  int result = front->info;
  if (front == rear)
    rear = nullptr;
  front = front->next;
  delete p;
  return result;
}
```

Γραμμικές λίστες (i)

- Γενική μορφή απλά συνδεδεμένης λίστας



```
struct node {
   int info;
   node *next;
};

typedef node *list;
```

Γραμμικές λίστες (ii)

- Εισαγωγή στο τέλος O(n)

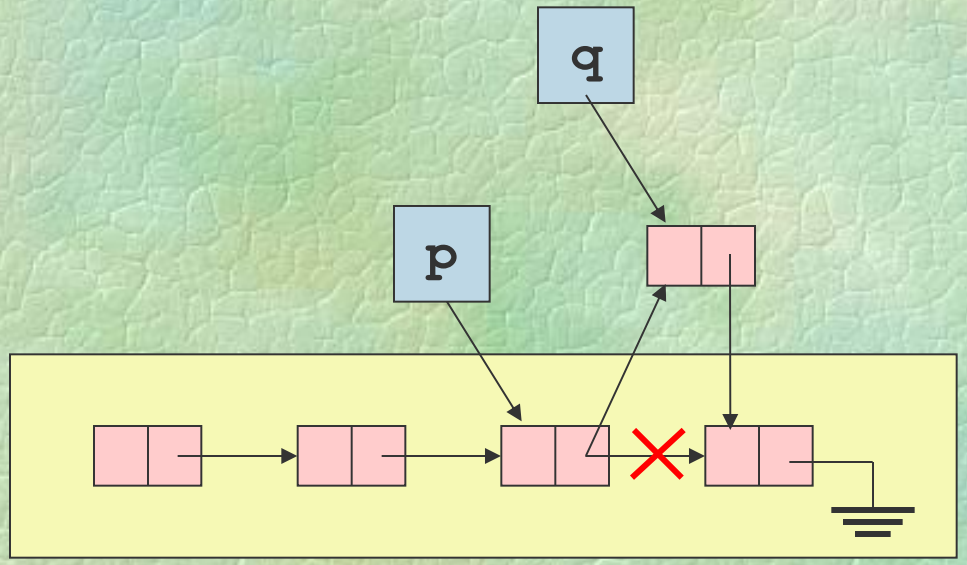
```
void insertAtRear (list &l, int data) {
  node *p, *q;

  p = new node;
  p->info = data; p->next = nullptr;
  if (l == nullptr) l = p;
  else {
    q = l;
    while (q->next != nullptr)
      q = q->next;
    q->next = p;
  }
}
```

Γραμμικές λίστες (iii)

- Εισαγωγή μετά τον κόμβο p O(1)

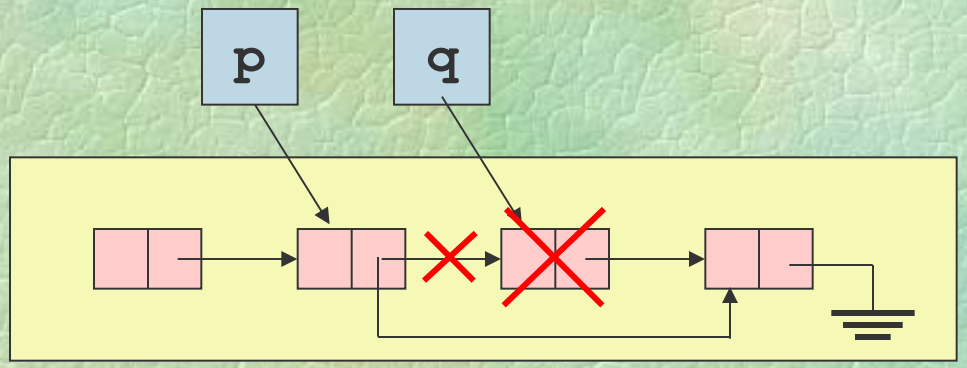
```
void insertAfter (node *p, int data) {
  if (p != nullptr) {
    node *q = new node;
    q->info = data;
    q->next = p->next;
    p->next = q;
  }
}
```



Γραμμικές λίστες (iv)

- Διαγραφή του κόμβου μετά τον p O(1)

```
void deleteAfter (node *p) {
  if (p != nullptr &&
      p->next != nullptr) {
    node *q = p->next;
    p->next = q->next;
    delete q;
  }
}
```



Γραμμικές λίστες (v)

- Εύρεση στοιχείου O(n)

```
node *search (list l, int data) {
  node *p;

  for (p = l; p != nullptr; p = p-
  >next)
    if (p->info == data) return p;
  return nullptr;
}
```

Γραμμικές λίστες (vii)

- Συνένωση δύο λιστών O(n)

```
void concat (list &l1, list l2) {
  node *p;

  if (l2 == nullptr) return;
  if (l1 == nullptr) l1 = l2;
  else {
    p = l1;
    while (p->next != nullptr)
      p = p->next;
    p->next = l2;
  }
}
```

Γραμμικές λίστες (vi)

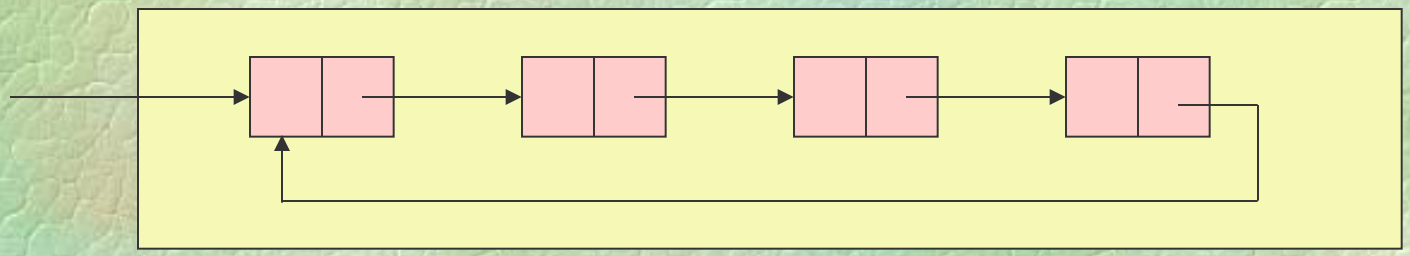
- Αντιστροφή λίστας O(n)

```
void reverse (list &l) {
  node *p, *q;

  q = nullptr;
  while (l != nullptr) {
    p = l;
    l = p->next;
    p->next = q;
    q = p;
  }
  l = q;
}
```

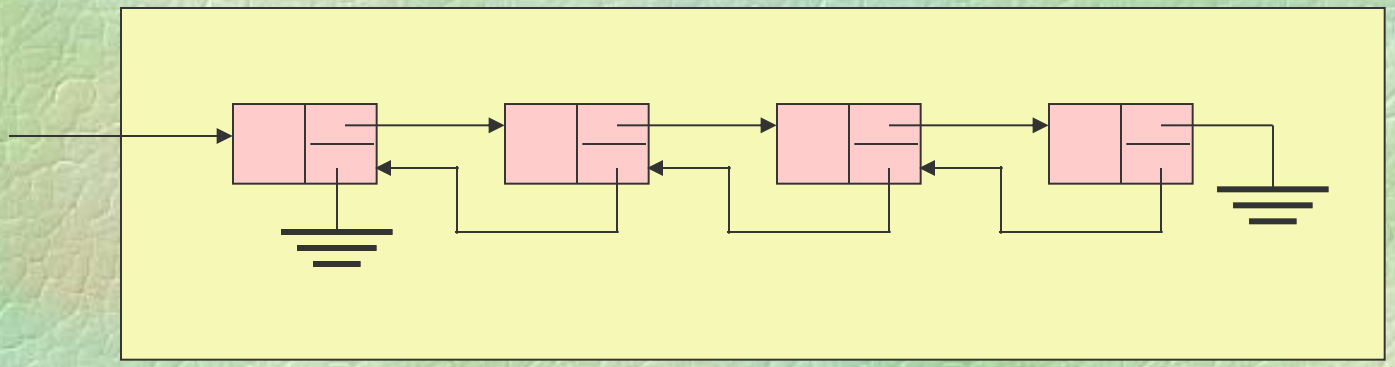
Κυκλικές λίστες

- Ο επόμενος του τελευταίου κόμβου είναι πάλι ο πρώτος



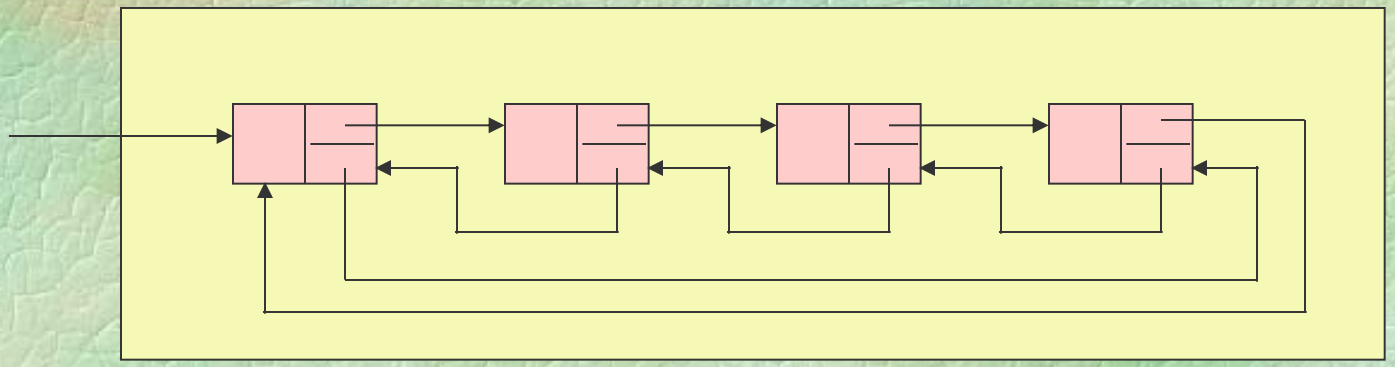
Διπλά συνδεδεμένες λίστες

- Δυο σύνδεσμοι σε κάθε κόμβο, προς τον επόμενο και προς τον προηγούμενο



Διπλά συνδεδεμένες κυκλικές λίστες

- Δυο σύνδεσμοι σε κάθε κόμβο, προς τον επόμενο και προς τον προηγούμενο
- Ο επόμενος του τελευταίου είναι ο πρώτος
- Ο προηγούμενος του πρώτου είναι ο τελευταίος

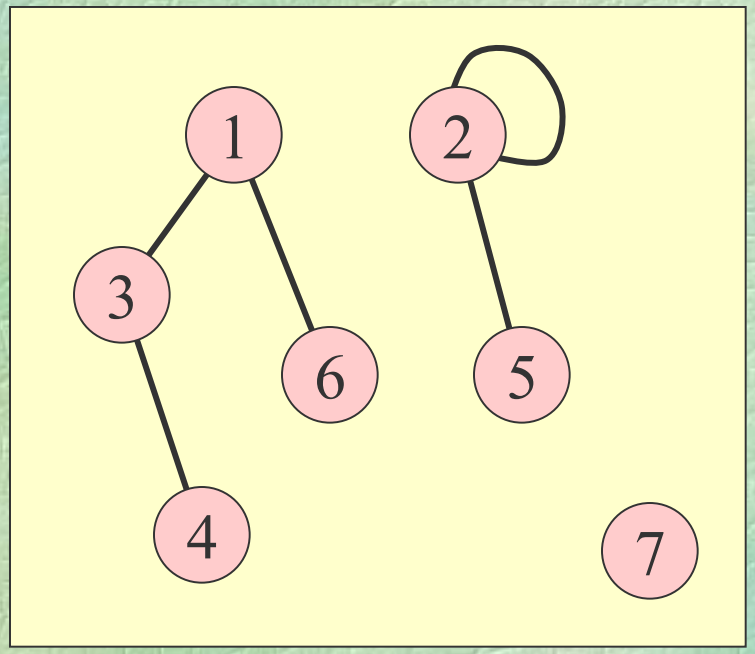


Γράφοι (i)

- Γράφος ή γράφημα (graph) $G = (V, E)$
  - V Σύνολο κόμβων ή κορυφών
  - E Σύνολο ακμών, δηλαδή ζευγών κόμβων
- Παράδειγμα

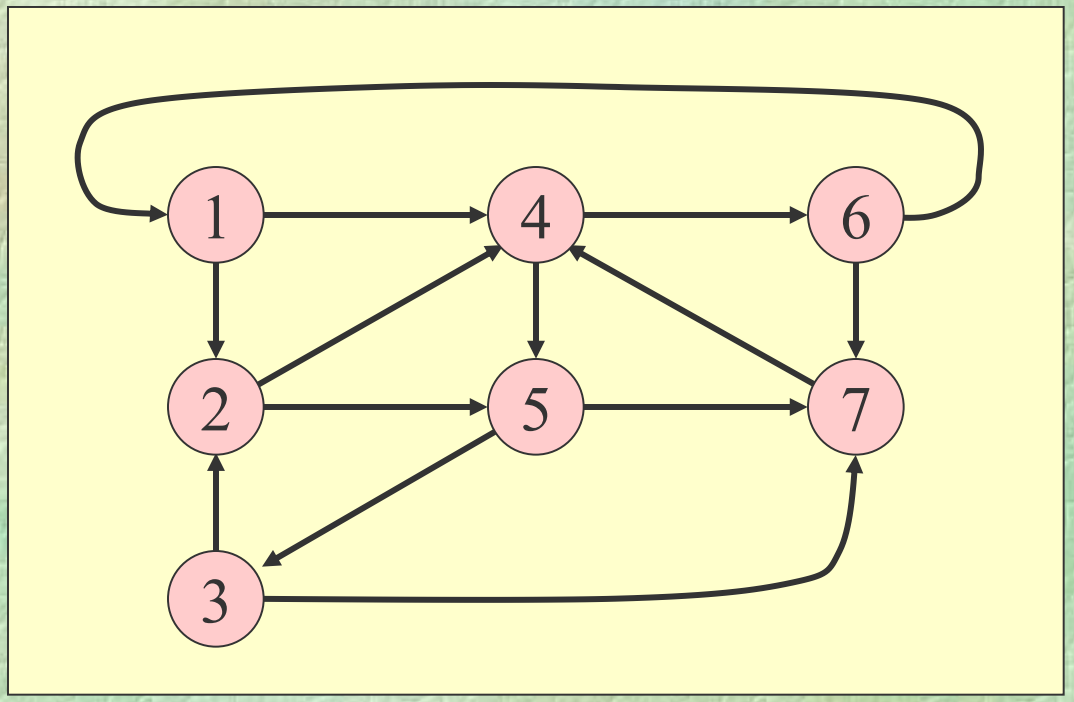
  $V = \{ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 \}$

  $E = \{ (x, y) \mid x, y \in V,$
  $x+y=4$ ή $x+y=7 \}$
- Γραφική παράσταση



Γράφοι (ii)

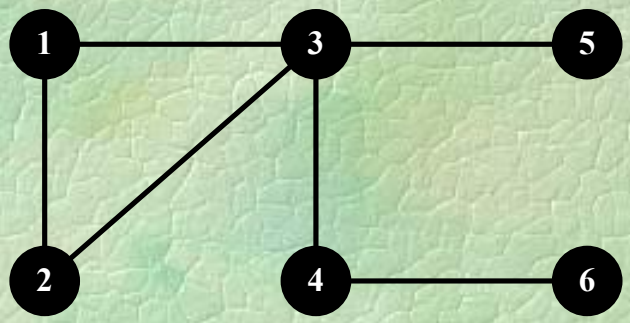
- Κατευθυνόμενος γράφος (directed graph)
  - Οι ακμές είναι διατεταγμένα ζεύγη
  - Μπορούν να υλοποιηθούν με δείκτες



Αναπαράσταση Γράφων

… με **πίνακα γειτνίασης**: $A[i,j] = \begin{cases} 1 & (v_i, v_j) \in E \\ 0 & (v_i, v_j) \notin E \end{cases}$

- Αν έχουμε βάρη, $A[i,j] = w(v_i, v_j)$
- Μη-κατευθυνόμενο: **συμμετρικός** πίνακας.
- Χώρος $\Theta(n^2)$, άμεσος έλεγχος για ύπαρξη ακμής.

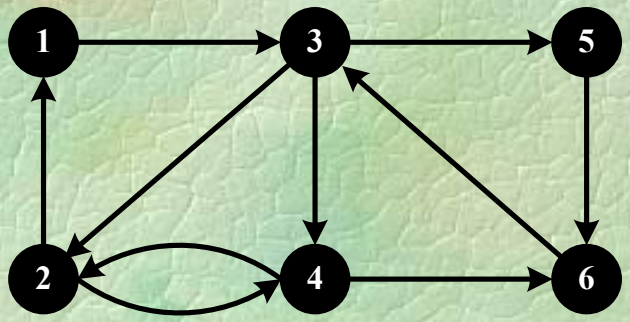


	1	2	3	4	5	6
1	0	1	1	0	0	0
2	1	0	1	0	0	0
3	1	1	0	1	1	0
4	0	0	1	0	0	1
5	0	0	1	0	0	0
6	0	0	0	1	0	0

Αναπαράσταση Γράφων

… με **πίνακα γειτνίασης**: $A[i,j] = \begin{cases} 1 & (v_i, v_j) \in E \\ 0 & (v_i, v_j) \notin E \end{cases}$

- Αν έχουμε βάρη, $A[i,j] = w(v_i, v_j)$
- Μη-κατευθυνόμενο: **συμμετρικός** πίνακας.
- Χώρος $\Theta(n^2)$, άμεσος έλεγχος για ύπαρξη ακμής.

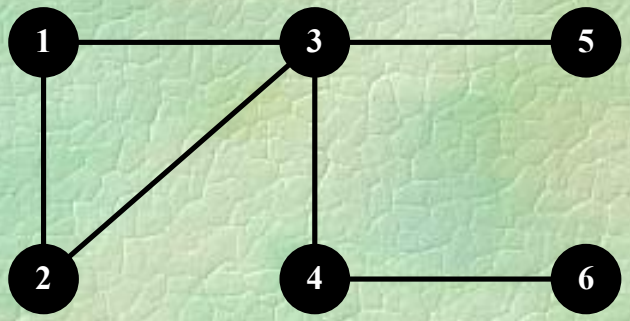


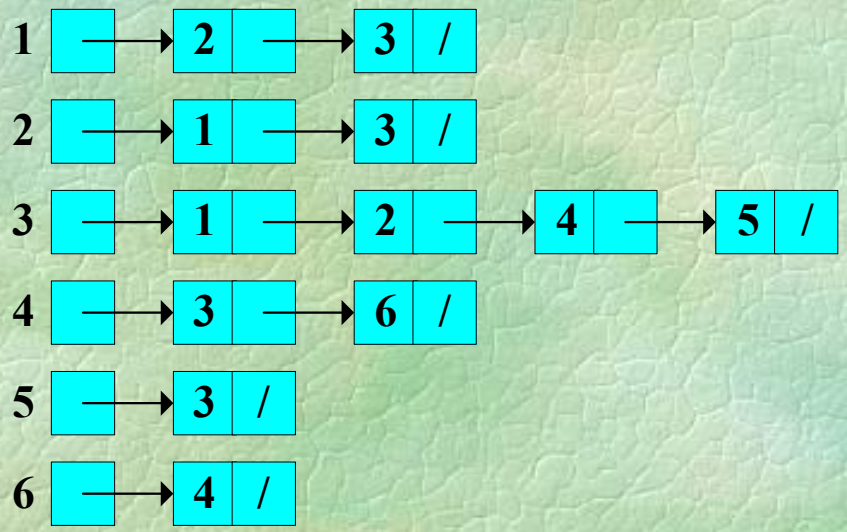
	1	2	3	4	5	6
1	0	0	1	0	0	0
2	1	0	0	1	0	0
3	0	1	0	1	1	0
4	0	1	0	0	0	1
5	0	0	0	0	0	1
6	0	0	1	0	0	0

Αναπαράσταση Γράφων

… με **λίστα γειτνίασης**: γειτονικές κορυφές σε διασυνδεδεμένη λίστα.

- Βάρη αποθηκεύονται στους κόμβους της λίστας.
- Χώρος Θ(m).
- Έλεγχος για ύπαρξη ακμής σε χρόνο O(βαθμός(u)).

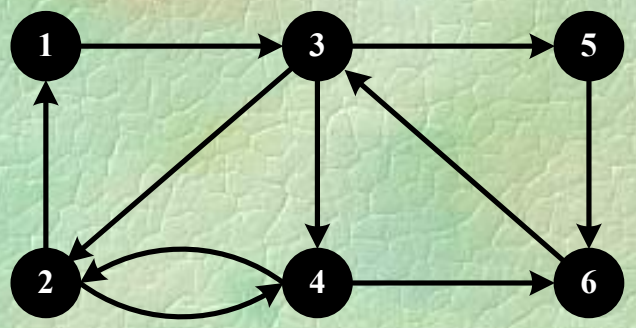


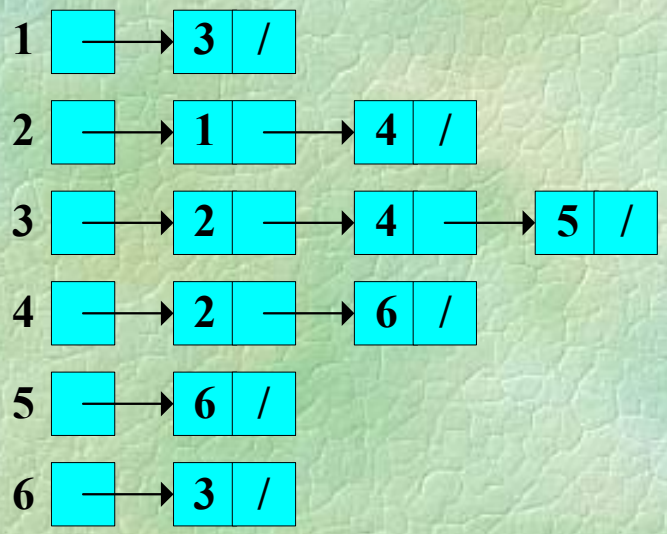


Αναπαράσταση Γράφων

… με **λίστα γειτνίασης**: γειτονικές κορυφές σε διασυνδεδεμένη λίστα.

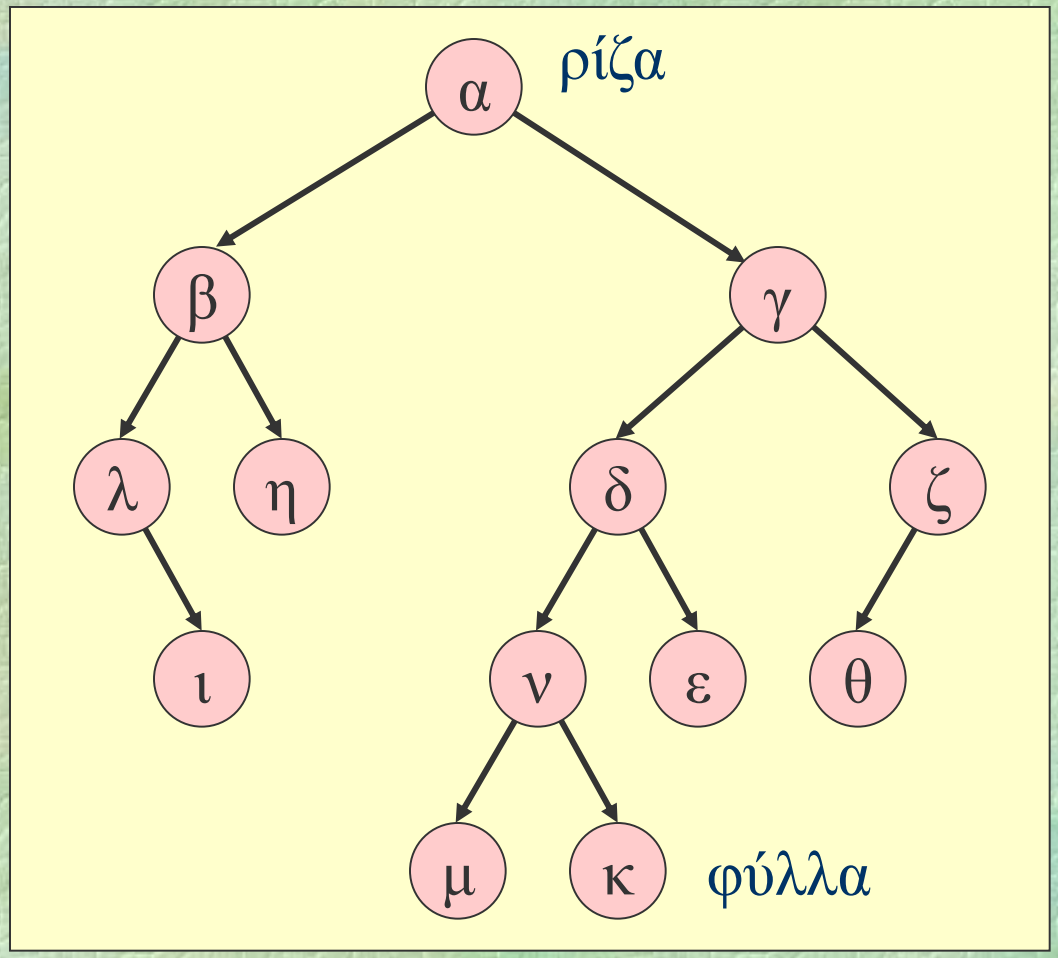
- Βάρη αποθηκεύονται στους κόμβους της λίστας.
- Χώρος Θ(m).
- Έλεγχος για ύπαρξη ακμής σε χρόνο O(deg(u)).





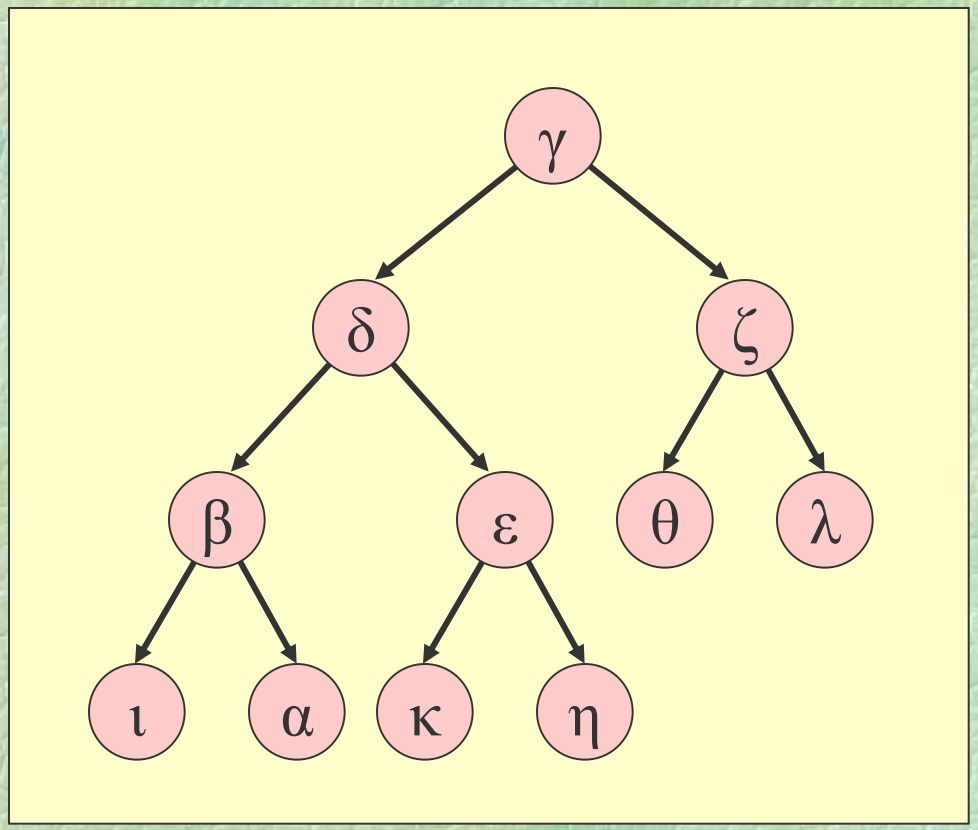
Δυαδικά δέντρα (i)

- Ειδικοί γράφοι της μορφής:
- Κάθε κόμβος έχει 0, 1 ή 2 παιδιά
- Ρίζα: ο αρχικός κόμβος του δένδρου
- Φύλλα: κόμβοι χωρίς παιδιά



Δυαδικά δέντρα (ii)

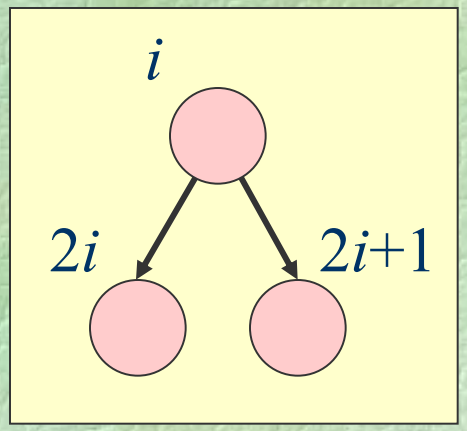
- Πλήρες δυαδικό δέντρο:
- Μόνο το κατώτατο επίπεδο μπορεί να μην είναι πλήρες



- Πλήθος κόμβων = n $\Rightarrow$ ύψος = $O(\log n)$

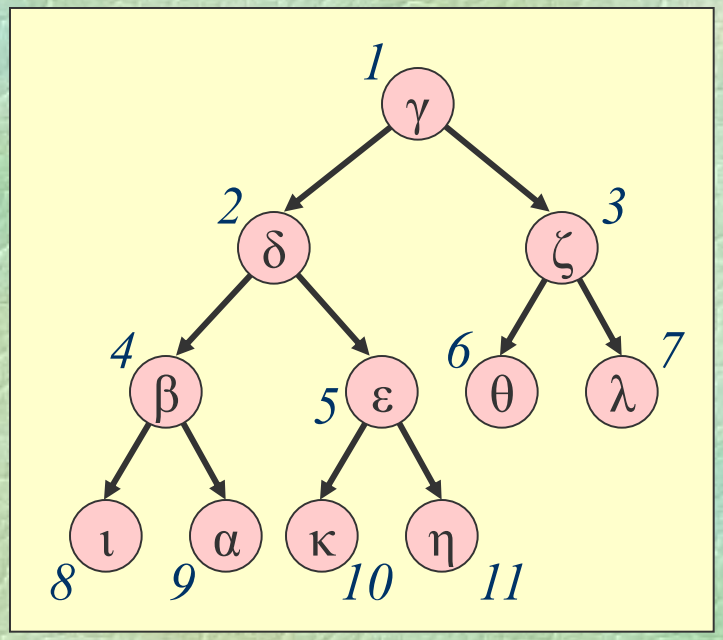
Δυαδικά δέντρα (iii)

- Υλοποίηση με πίνακα
  - Αν ένας κόμβος αποθηκεύεται στη θέση i του πίνακα, τα παιδιά του αποθηκεύονται στις θέσεις $2i$ και $2i+1$



- Παράδειγμα

```
a[1] = 'γ'; a[7]  = 'λ';
a[2] = 'δ'; a[8]  = 'ι';
a[3] = 'ζ'; a[9]  = 'α';
a[4] = 'β'; a[10] = 'κ';
a[5] = 'ε'; a[11] = 'η';
a[6] = 'θ'
```

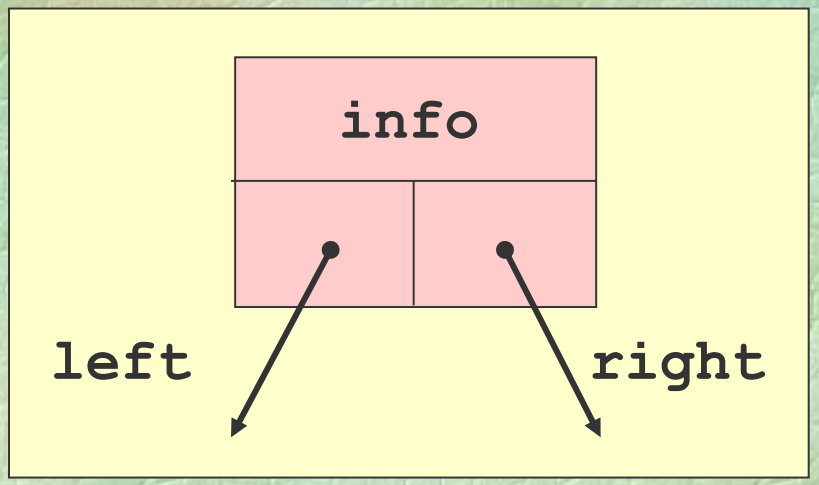


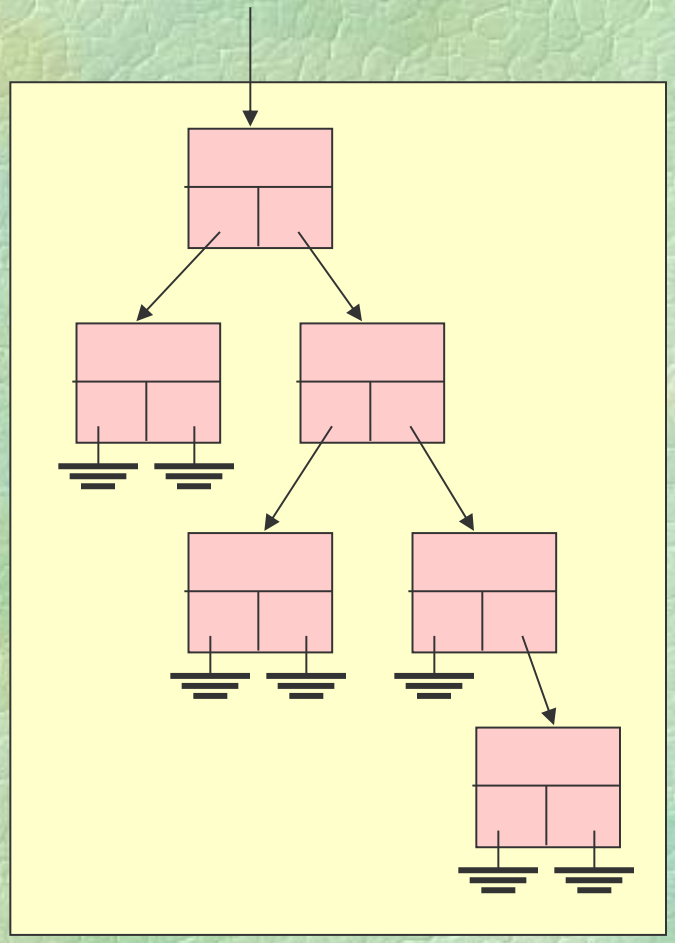
Δυαδικά δέντρα (iv)

- Υλοποίηση με δείκτες

```
struct node {
   int info;
   node *left, *right;
};
```

- `typedef node *tree;`



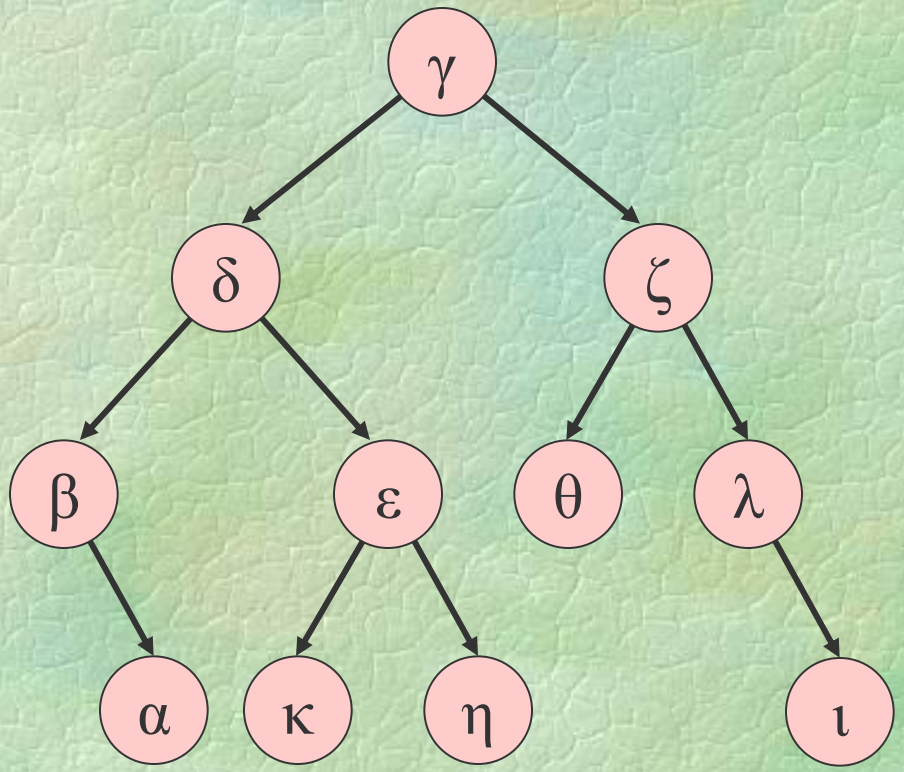


Δυαδικά δέντρα (v)

- Διάσχιση όλων των κόμβων ενός δέντρου
  - προθεματική διάταξη (preorder)
    για κάθε υποδέντρο, πρώτα η ρίζα,
    μετά το αριστερό υποδέντρο και μετά το δεξιό
  - επιθεματική διάταξη (postorder)
    για κάθε υποδέντρο, πρώτα το αριστερό
    υποδέντρο, μετά το δεξιό και μετά η ρίζα
  - ενθεματική διάταξη (inorder)
    για κάθε υποδέντρο, πρώτα το αριστερό
    υποδέντρο, μετά η ρίζα και μετά το δεξιό

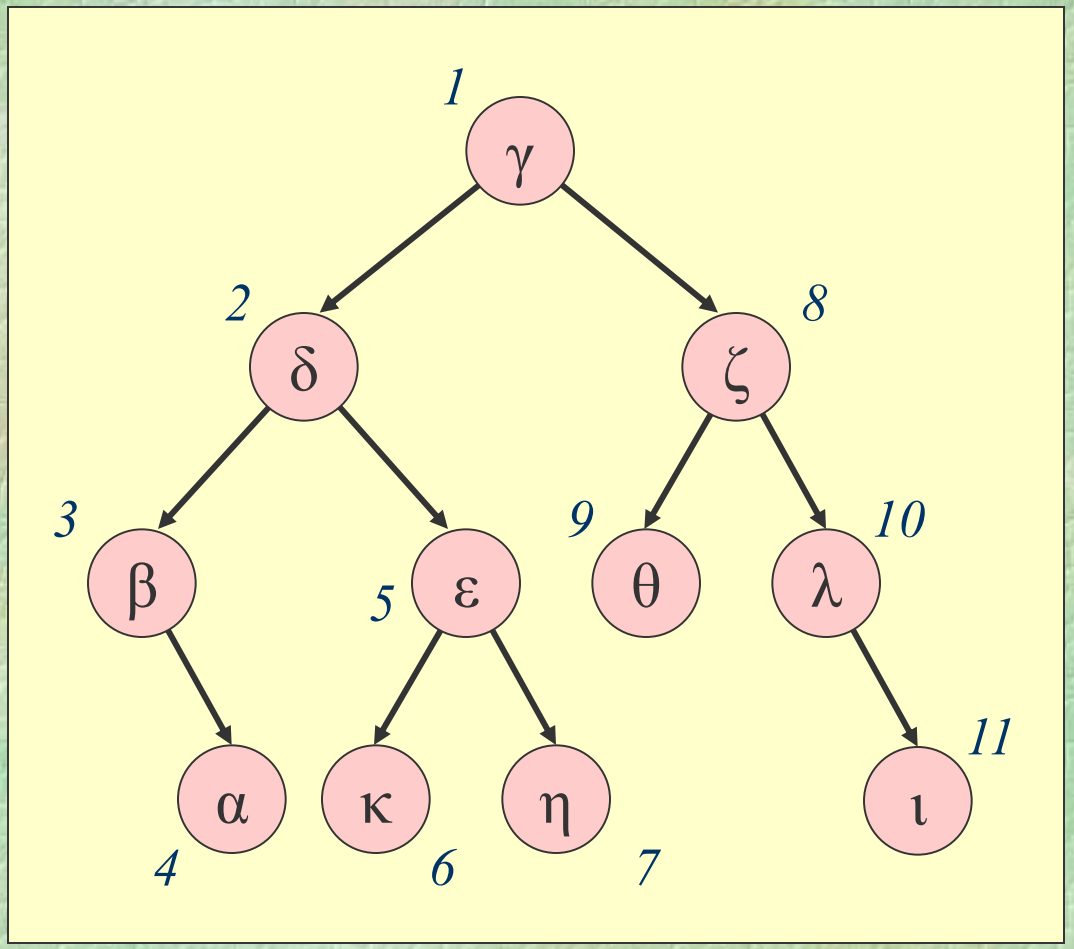
Δυαδικά δέντρα (vi)

- Διάσχιση preorder / inorder / postorder



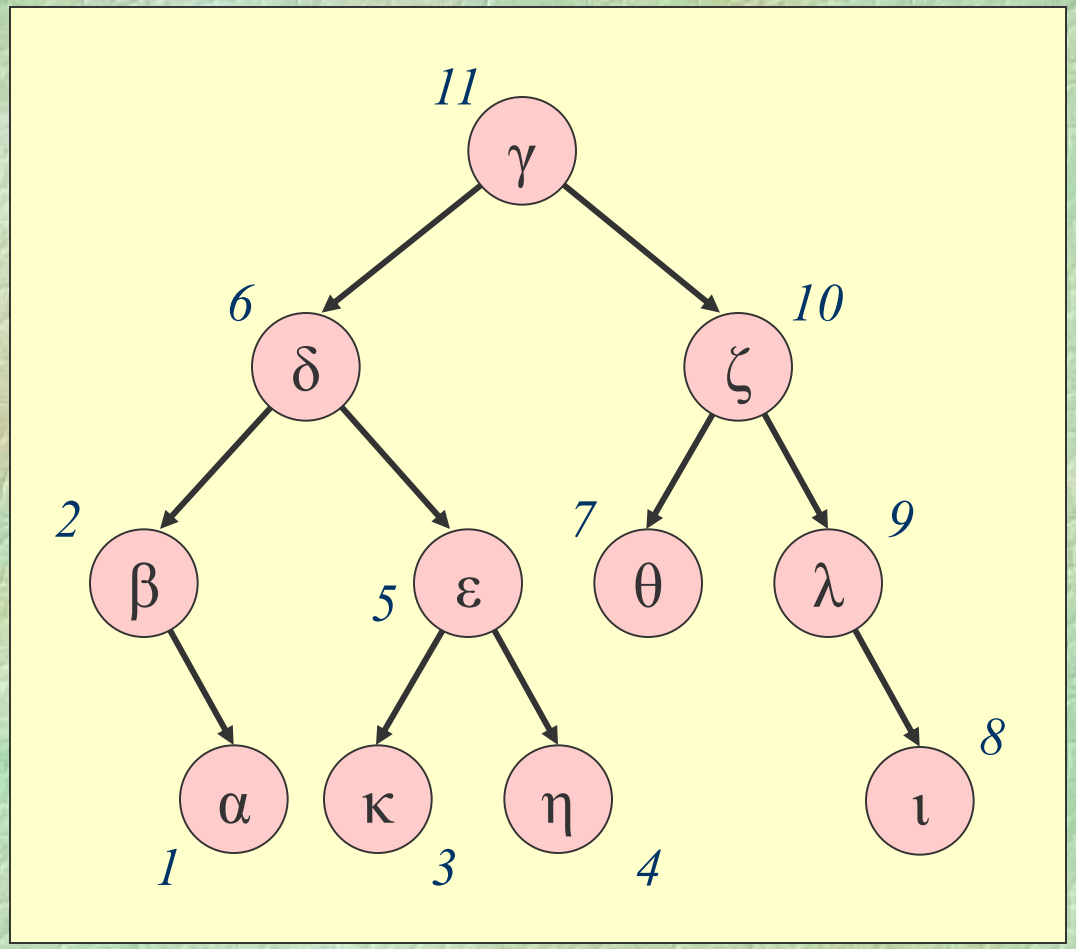
Δυαδικά δέντρα (vi)

- Διάσχιση preorder



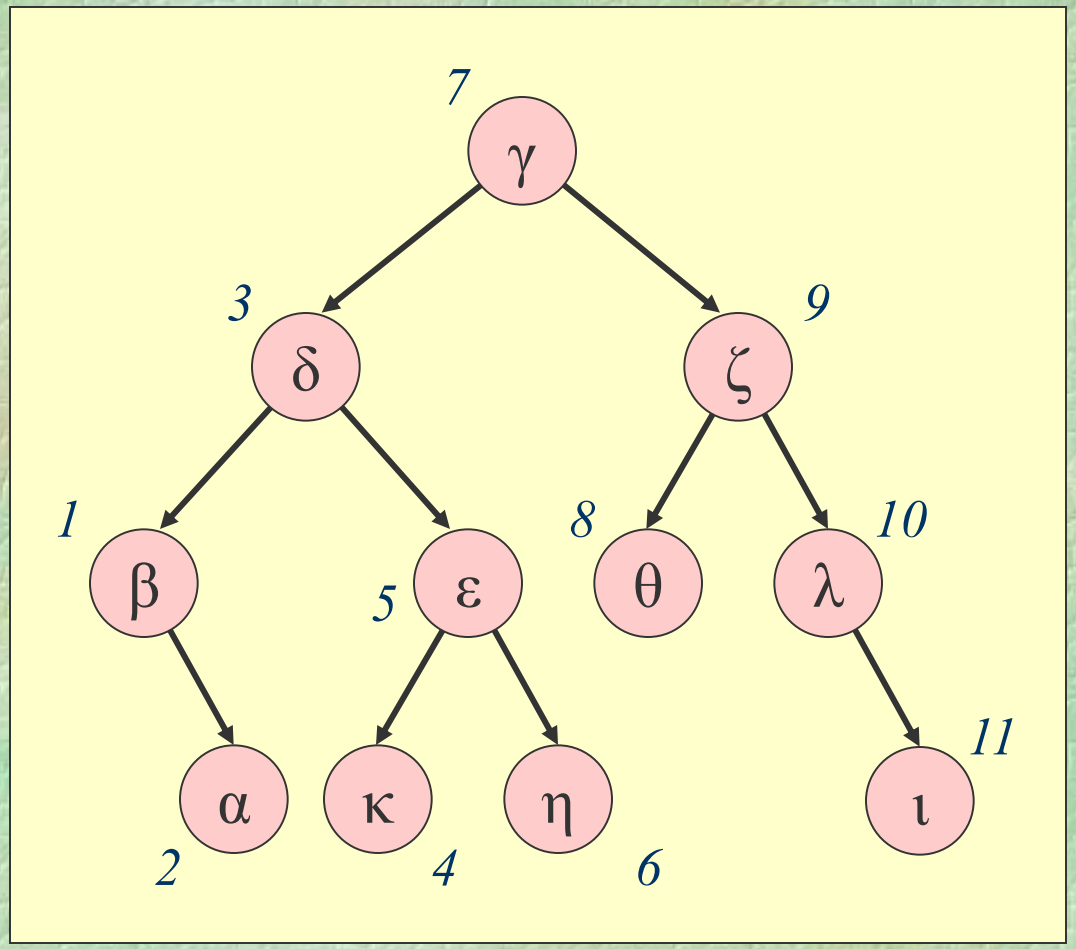
Δυαδικά δέντρα (vii)

- Διάσχιση postorder



Δυαδικά δέντρα (viii)

- Διάσχιση inorder



Δυαδικά δέντρα (ix)

- Υλοποίηση της διάσχισης preorder

```
void preorder (tree t) {
  if (t != nullptr) { WRITELN(t->info);
                      preorder(t->left);
                      preorder(t-
  >right);
                    }
}
```

- Η παραπάνω διαδικασία είναι αναδρομική
- Η μη αναδρομική διάσχιση είναι εφικτή αλλά πολύπλοκη (threading)

Δυαδικά δέντρα (x)

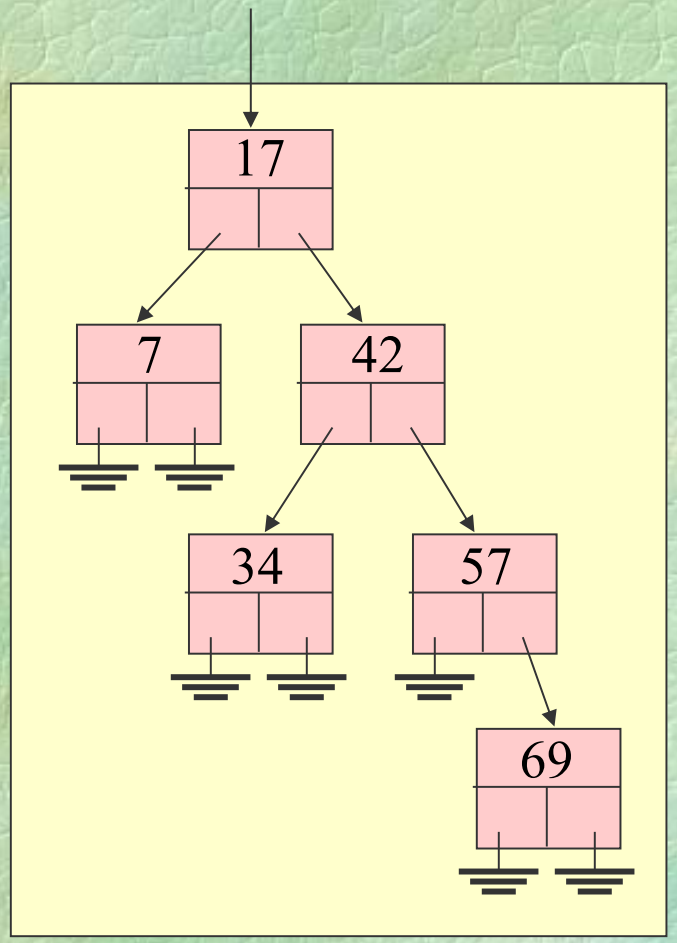
- Πλήθος κόμβων και ύψος δέντρου

```
int size(tree t) {
  if (t == nullptr) return 0;
  return 1 + size(t->left)
           + size(t->right);
}
int height(tree t) {
  if (t == nullptr) return 0;
  return 1 + max(height(t->left),
                 height(t->right));
}
```

Πολυπλοκότητα;
$O(n)$

Δυαδικά δέντρα αναζήτησης (i)

- Binary search trees
- Για κάθε κόμβο ισχύουν οι παρακάτω ιδιότητες:
  - όλοι οι κόμβοι του αριστερού υποδέντρου έχουν τιμές μικρότερες ή ίσες της τιμής του κόμβου
  - όλοι οι κόμβοι του δεξιού υποδέντρου έχουν τιμές μεγαλύτερες ή ίσες της τιμής του κόμβου



Δυαδικά δέντρα αναζήτησης (ii)

- Τα δυαδικά δέντρα αναζήτησης διευκολύνουν την αναζήτηση στοιχείων
- Αναδρομική αναζήτηση
  - αν η τιμή που ζητείται είναι στη ρίζα, βρέθηκε
  - αν είναι μικρότερη από την τιμή της ρίζας, αρκεί να αναζητηθεί στο αριστερό παιδί
  - αν είναι μεγαλύτερη από την τιμή της ρίζας, αρκεί να αναζητηθεί στο δεξί παιδί
- Κόστος αναζήτησης, εισαγωγής, διαγραφής: $O(k)$, όπου k είναι το ύψος του δέντρου

Δυαδικά δέντρα αναζήτησης (iii)

- Αναζήτηση

```
node *search (node *t, int key) {
   if (t == nullptr)
      return nullptr;   // not found

   if (t->info == key) return t;   // found

   if (t->info > key)
      return search(t->left, key);
   else
      return search(t->right, key);
}
```

Δυαδικά δέντρα αναζήτησης (iv)

- Εισαγωγή

```
node *insert(node *t, int key) {
  if (t == nullptr) {
    node *p = new node;
    p->info = key;
    p->left = p->right = nullptr;
    return p;
  }
  if (t->info > key)
    t->left = insert(t->left, key);
  else if (t->info < key)
    t->right = insert(t->right, key);
  return t;
}
```

Δυαδικά δέντρα αναζήτησης (v)

- Ισοζύγισμα
  - Εφόσον το κόστος των πράξεων είναι O(k) θέλουμε να κρατάμε μικρό το ύψος k του δέντρου
  - Ισοζυγισμένα δένδρα (balanced trees): το βάθος δυο φύλλων διαφέρει το πολύ κατά 1
  - Διάφορες παραλλαγές ορίζουν διαφορετικά την έννοια του ισοζυγίσματος: AVL, red-black trees
  - Σε ένα ισοζυγισμένο δυαδικό δέντρο αναζήτησης με n κόμβους, μπορούμε να βρεθούμε από τη ρίζα σε οποιοδήποτε κόμβο με κόστος O(log$n$)

Το λειτουργικό σύστημα Unix (i)

- Bell Labs, ~1970
- Δομή του Unix
  - πυρήνας (kernel)
  - φλοιός (shell)
  - βοηθητικά προγράμματα (utilities)
- Ιεραρχικό σύστημα αρχείων
  - Δενδρική δομή
  - Ένας κατάλογος (directory) μπορεί να περιέχει αρχεία (files) ή άλλους (υπο)καταλόγους

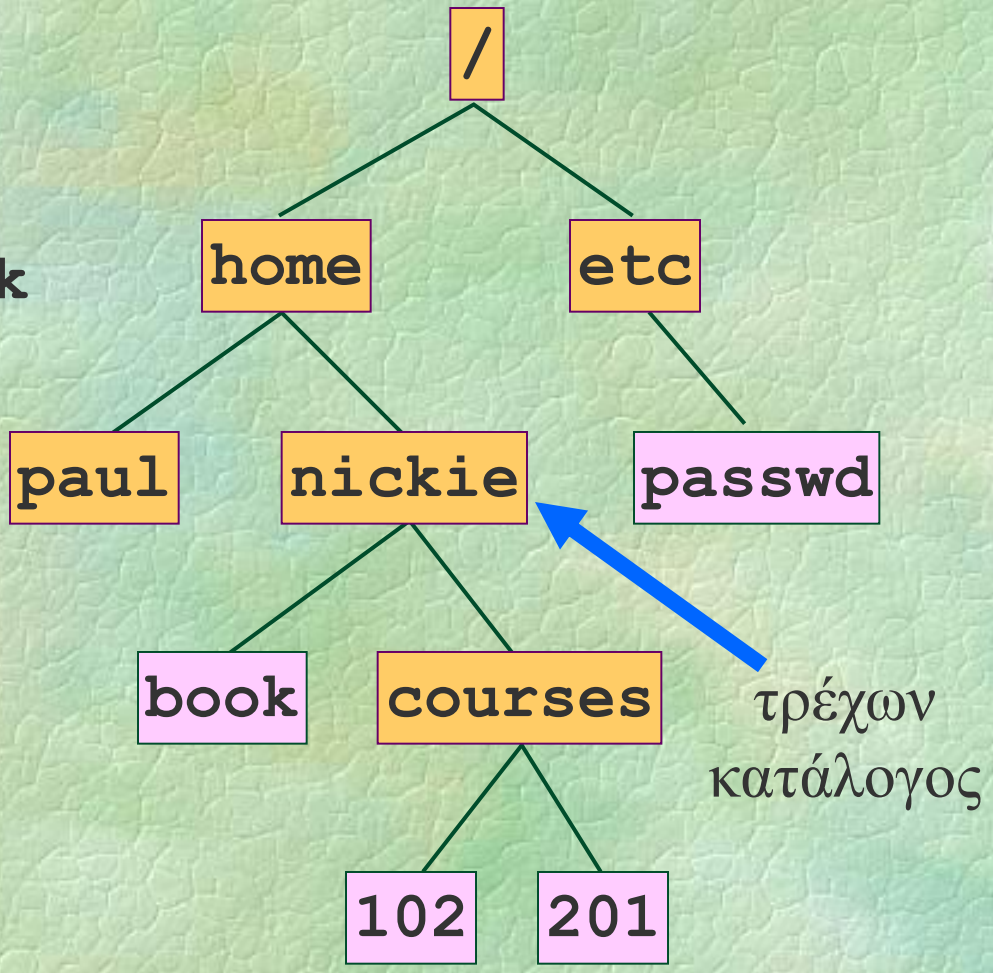
Το λειτουργικό σύστημα Unix (ii)

- Απόλυτα ονόματα

```
/
/etc
/home/nickie/book
/home/paul
/etc/passwd
```

- Σχετικά ονόματα

```
book
courses/201
./courses/102
../paul
../../etc/passwd
```



Το λειτουργικό σύστημα Unix (iii)

- Θετικά στοιχεία του Unix
  - ιεραρχικό σύστημα αρχείων
  - πολλοί χρήστες συγχρόνως (multi-user)
  - πολλές διεργασίες συγχρόνως (multi-tasking)
  - επικοινωνίες και υποστήριξη δικτύου
- Αρνητικά στοιχεία του Unix
  - κρυπτογραφικά ονόματα εντολών
  - περιορισμένη και συνθηματική βοήθεια

Σύστημα αρχείων του Unix (i)

- Αντιγραφή αρχείων **cp**

  cp *oldfile newfile*
  cp *file*$_1$ *file*$_2$ **...** *file*$_n$ *directory*
  cp -r *directory*$_1$ *directory*$_2$
  cp -i *oldfile newfile*

- Μετονομασία ή μετακίνηση αρχείων **mv**

  mv *oldfile newfile*
  mv *file*$_1$ *file*$_2$ **...** *file*$_n$ *directory*
  mv -i *oldfile newfile*

Σύστημα αρχείων του Unix (ii)

- Διαγραφή αρχείων **rm**

  rm *file*$_1$ *file*$_2$ . . . *file*$_n$
  rm -i *file*$_1$ *file*$_2$ . . . *file*$_n$
  rm -f *file*$_1$ *file*$_2$ . . . *file*$_n$
  rm -r *directory*

- Δημιουργία directories **mkdir**

  mkdir *directory*$_1$ . . . *directory*$_n$

- Διαγραφή άδειων directories **rmdir**

  rmdir *directory*$_1$ . . . *directory*$_n$

- Αλλαγή directory **cd**

  cd *directory*

Σύστημα αρχείων του Unix (iii)

- Εμφάνιση πληροφοριών για αρχεία **`ls`**

  `ls`

  `ls` *file*$_1$ *file*$_2$ *directory*$_3$ **`...`**

  - Επιλογές (options)

  `-l` εκτεταμένες πληροφορίες

  `-a` εμφανίζονται και τα κρυφά αρχεία

  `-t` ταξινόμηση ως προς το χρόνο τροποποίησης

  `-F` εμφανίζεται ο τύπος κάθε αρχείου

  `-d` εμφανίζονται πληροφορίες για ένα directory, όχι για τα περιεχόμενά του

  `-R` αναδρομική εμφάνιση πληροφοριών

Προγράμματα εφαρμογών Unix (i)

- Εμφάνιση manual page **man**

  man *command*
  whatis *command*

- Εμφάνιση περιεχομένων αρχείου **cat**

  cat $file_1$ $file_2$ . . . $file_n$

- Εμφάνιση περιεχομένων αρχείου ανά σελίδα **more** **less**

  more $file_1$ $file_2$ . . . $file_n$
  less $file_1$ $file_2$ . . . $file_n$

Προγράμματα εφαρμογών Unix (ii)

- Εμφάνιση πρώτων γραμμών **head**

  head $file_1$ $file_2$ . . . $file_n$
  head -10 $file_1$ $file_2$ . . . $file_n$

- Εμφάνιση τελευταίων γραμμών **tail**

  tail $file_1$ $file_2$ . . . $file_n$
  tail -10 $file_1$ $file_2$ . . . $file_n$

- Πληροφορίες για το είδος αρχείου **file**

  file $file_1$ $file_2$ . . . $file_n$

- Εμφάνιση ημερομηνίας και ώρας **date**

  date

Προγράμματα εφαρμογών Unix (iii)

- Εκτύπωση αρχείου **lpr**

  lpr *file*$_1$ *file*$_2$ . . . *file*$_n$

- Μεταγλωττιστής Pascal **pc**

  pc -o *executable program* **.p**
  gpc -o *executable program* **.p**

- Μεταγλωττιστής C **cc**

  cc -o *executable program* **.p**
  gcc -o *executable program* **.p**

- Επεξεργασία αρχείου κειμένου **vi**

  vi *file*$_1$ *file*$_2$ . . . *file*$_n$

Βασική λειτουργία του vi (i)

- Δύο καταστάσεις λειτουργίας
  - κατάσταση εντολών
  - κατάσταση εισαγωγής κειμένου
- Στην κατάσταση εισαγωγής κειμένου
  - πηγαίνουμε με συγκεκριμένες εντολές (π.χ. **`i`**, **`a`**)
  - μπορούμε μόνο να εισάγουμε χαρακτήρες
- Στην κατάσταση εντολών
  - πηγαίνουμε με το πλήκτρο **`ESC`**
  - μπορούμε να μετακινούμαστε και να δίνουμε εντολές

Βασική λειτουργία του vi (ii)

- Μετακίνηση μέσα σε αρχείο

  ← ↓ ↑ → κατά ένα χαρακτήρα

  h j k l (ομοίως)

  w μια λέξη δεξιά

  CTRL+F μια σελίδα μετά

  CTRL+B μια σελίδα πριν

  CTRL+D μισή σελίδα μετά

  CTRL+U μισή σελίδα πριν

  0 $ στην αρχή ή στο τέλος της γραμμής

  ^ στον πρώτο χαρακτήρα της γραμμής

Βασική λειτουργία του vi (iii)

- Μετακίνηση μέσα σε αρχείο (συνέχεια)
  - `+` στην αρχή της προηγούμενης ή της επόμενης γραμμής
  - `(` `)` στην αρχή της προηγούμενης ή της επόμενης πρότασης
  - `{` `}` στην αρχή της προηγούμενης ή της επόμενης παραγράφου
  - *n* `G` στην *n*-οστή γραμμή
  - `G` στην τελευταία γραμμή

Βασική λειτουργία του vi (iv)

- Εισαγωγή κειμένου
  - **i a** εισαγωγή πριν ή μετά τον cursor
  - **I A** εισαγωγή στην αρχή ή στο τέλος της γραμμής
  - **o O** εισαγωγή σε νέα κενή γραμμή κάτω ή πάνω από την τρέχουσα
  - **r** αντικατάσταση ενός χαρακτήρα
  - **R** αντικατάσταση πολλών χαρακτήρων

Βασική λειτουργία του vi (v)

- Διαγραφή κειμένου
  - **x** του τρέχοντα χαρακτήρα
  - **X** του προηγούμενου χαρακτήρα
  - **dw** μέχρι το τέλος λέξης
  - **dd** ολόκληρης της τρέχουσας γραμμής
  - *n* **dd** *n* γραμμών αρχίζοντας από την τρέχουσα
  - Οι λέξεις και οι γραμμές που διαγράφονται τοποθετούνται στο buffer (cut)

Βασική λειτουργία του vi (vi)

- Εύρεση συμβολοσειράς
  - `/` *xxx* εύρεση προς τα εμπρός
  - `?` *xxx* εύρεση προς τα πίσω
  - `n N` επόμενη εύρεση ορθής ή αντίθετης φοράς
- Άλλες εντολές
  - `CTRL-L` επανασχεδίαση της εικόνας
  - `u` ακύρωση της τελευταίας εντολής
  - `.` επανάληψη της τελευταίας εντολής
  - `J` συνένωση της τρέχουσας γραμμής με την επόμενη

Βασική λειτουργία του vi (vii)

- Αντιγραφή και μετακίνηση κειμένου
  - **yy** αντιγραφή μιας γραμμής στο buffer (copy)
  - *n* **yy** αντιγραφή *n* γραμμών στο buffer
  - **p P** επικόλληση των περιεχομένων του buffer κάτω ή πάνω από την τρέχουσα γραμμή (paste)
- Αποθήκευση και έξοδος
  - **:w** αποθήκευση του αρχείου
  - **:q** έξοδος
  - **:wq** αποθήκευση του αρχείου και έξοδος
  - **:q!** έξοδος χωρίς αποθήκευση

Internet (i)

- Δίκτυο υπολογιστών (computer network)
- Ονόματα και διευθύνσεις υπολογιστών
  - Διεύθυνση IP `147.102.1.1`
  - Όνομα `theseas.softlab.ece.ntua.gr`

    ο υπολογιστής

    στο δίκτυο του Εργαστηρίου Τεχνολογίας Λογισμικού

    στο δίκτυο της Σ.Η.Μ.Μ.Υ.

    στο δίκτυο του Ε.Μ.Π.

    στο δίκτυο της Ελλάδας
  - Επικράτειες (domains)

Internet (ii)

- Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (e-mail)
  - ηλεκτρονική ταχυδρομική διεύθυνση

`nickie@softlab.ntua.gr`

όνομα χρήστη

όνομα υπολογιστή ή επικράτειας

  - υπάρχει πληθώρα εφαρμογών που διαχειρίζονται το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο

Internet (iii)

- Πρόσβαση σε απομακρυσμένους υπολογιστές (telnet)

```
maya$ telnet theseas.softlab.ntua.gr

SunOS 5.7

login: nickie
Password:
Last login: Thu Jan 16 12:33:45
Sun Microsystems Inc.   SunOS 5.7
You have new mail.

Fri Jan 17 03:16:45 EET 2003

There are 28 messages in your mailbox.
There are 2 new messages.

theseas$
```

Internet (iv)

- Μεταφορά αρχείων (FTP)
  - κατέβασμα αρχείων (download)
    μεταφορά αρχείων από τον απομακρυσμένο υπολογιστή προς τον τοπικό υπολογιστή
  - ανέβασμα αρχείων (upload)
    μεταφορά αρχείων από τον τοπικό υπολογιστή προς τον απομακρυσμένο υπολογιστή
  - anonymous FTP
    π.χ. `ftp.ntua.gr`

Internet (v)

- Ηλεκτρονικά νέα (news)
  - ομάδες συζήτησης (newsgroups)
    η συζήτηση συνήθως περιστρέφεται γύρω από συγκεκριμένα θέματα

    π.χ. **`comp.lang.pascal`**
  - οι ομάδες συζήτησης λειτουργούν σαν πίνακες ανακοινώσεων
  - καθένας μπορεί να διαβάζει τις ανακοινώσεις των άλλων και να βάλει την ανακοίνωσή του (posting)

Internet (vi)

- Κουτσομπολιό (chat ή IRC)
  - κανάλια (channels)
    η συζήτηση περιστρέφεται γύρω από ένα θέμα κοινού ενδιαφέροντος
  - είναι όμως σύγχρονη, δηλαδή γίνεται σε συγκεκριμένο χρόνο και δεν τηρείται αρχείο των λεχθέντων
  - καθένας μπορεί να «ακούει» τα λεγόμενα των άλλων και να «μιλά» προς αυτούς

Internet (vii)

- Παγκόσμιος ιστός
  World-Wide Web (WWW)
  - ένα σύστημα αναζήτησης υπερμεσικών πληροφοριών (hypermedia information)
  - ιστοσελίδες (web pages),
    υπερμέσα (hypermedia),
    σύνδεσμοι (links),
    εξυπηρετητές (servers), και
    περιηγητές (browsers)

Internet (viii)

- Διευθύνσεις στον παγκόσμιο ιστό (URL)

http :// www.corelab.ece.ntua.gr /courses/programming/

http	www.corelab.ece.ntua.gr	/courses/programming/
είδος πληροφορίας και πρωτόκολλο επικοινωνίας	όνομα εξυπηρετητή	θέση στον εξυπηρετητή

- Παραδείγματα διευθύνσεων

http://www.ntua.gr/

ftp://ftp.ntua.gr/pub/linux/README.txt

news://news.ntua.gr/comp.lang.pascal